NR IND 372161

praktyczny Elektronik

WWW.PE.COM.PL

nr 4'2002 (115) CENA 6,20 PLN (zawiera 7% VAT) ISSN 1232-2628

Komputer do pomiaru zużycia paliwa w samochodzie



Ładowarka uniwersalna NiCd

Niskoszumny wzmacniacz mikrofonowy

On za dużo palił!

Biamping technika nagłośnienia

W następnym numerze wzmacniacz mocy HEX MOSFET 350 W

ISSN 1232-2628




Ile to naprawdę pali?

Niedawno miałem okazję zaobserwować przejazd ciężkich pojazdów opancerzonych bratnich armii. Nie naśmiewam się tu ani z pojazdów ani z bratnich armii. Zarówno jedne jak i drugie stoją na bardzo wysokim poziomie. Tylko co z tego. Pojazdy pracowicie mieląc gąsienicami czy też kręcąc olbrzymimi kołami spowite były w kłęby dymu. Ktoś stojący obok spytał mnie czy wiem ile to pali na godzinę lub na sto kilometrów. Nie namyślając się zbytnio odpowiedziałem, że takie cudo spala tyle samo co samochód osobowy na 100 km, z tą tylko różnicą, że stalowy potwór na tej samej dawce paliwa przejedzie raptem 10 km. Okazuje się, że wstrzeliłem się całkiem nieźle. Rozmowa ta natchnęła mnie jednak do rozważań ile tak naprawdę paliwa zużywa samochód w różnych sytuacjach.

Po powrocie zacząłem poszukiwać znajomych, których samochody wyposażone są w komputerek pokładowy, pokazujący chwilowe zużycie paliwa. Obserwacje tego ciekawego urządzenia doprowadziły mnie do ciekawych wniosków. Okazuje się, że samochód jadący na biegu, bez wciśniętego pedału gazu nie pali ani grama paliwa, pod warunkiem że prędkość obrotowa silnika jest nieco większa niż ok. 1500 obrotów na minutę. Te obserwacje natchnęły mnie z kolei do opracowania amatorskiej wersji takiego komputerka, którego pierwsza część opisu znajduje się w obecnym numerze.

Tak na marginesie jestem ciekaw czy stalowe wojenne potwory posiadają katalizatory. Wydaje mi się, że nie, sądząc po kłębach dymu wylatującego z rur wydechowych. Ciekawe jak na to zapatrują się ekolodzy. Samoloty chyba też nie posiadają katalizatorów. Coś to wszystko wygląda mi na zemstę na zwykłych zjadaczach chleba i posiadanych przez nich samochodach. Wszak jeden lot Concorda przez ocean pochłania tyle paliwa co kilka samochodów przez całe swoje życie. Dobrze tylko, że Concordów jest tak mało.

Redaktor Naczelny



Dariusz Cichoński



Spis Treści

Płytki drukowane wysyłane są za zaliczeniem pocztowym. Orientacyjny czas oczekiwania wynosi 3 tygodnie. Zamówienia na płytki drukowane, układy programowane i zestawy prosimy przesyłać na kartach pocztowych, na kartach zamówień zamieszczanych w PE, faksem lub pocztą elektroniczną. Koszt wysyłki wynosi 11 zł bez względu na kwotę pobrania. W sprzedaży wysyłkowej dostępne są archiwalne numery „Praktycznego Elektronika", wykazy numerów na stronie 20. Kserokopie artykułów i całych numerów, których nakład został wyczerpany wysyłamy w cenie 2,50 zł za pierwszą stronę, za każdą następną 0,50 zł + koszty wysyłki.

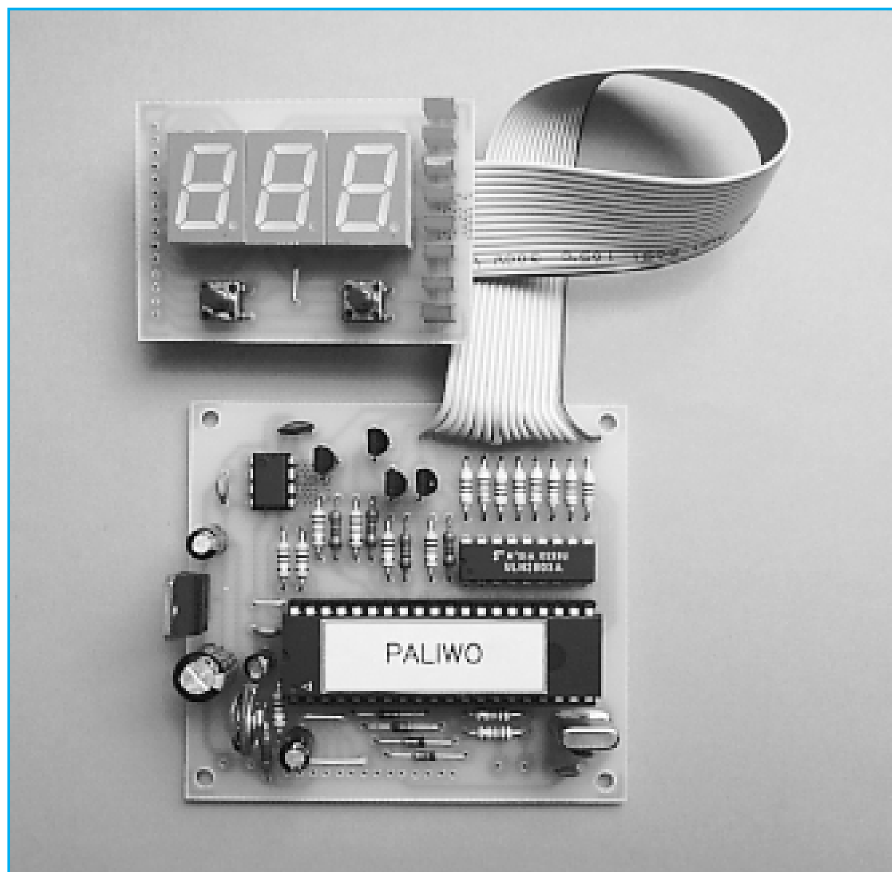
Adres Redakcji:
„Praktyczny Elektronik"
ul. Jaskółcza 2/5
65-001 Zielona Góra
tel/fax.: (0-68) 451-02-70
e-mail: redakcja@pe.com.pl; http://www.pe.com.pl
Redaktor Naczelny:
mgr inż. Dariusz Cichoński
Skład komputerowy:
Krzysztof Kubik
e-mail: k.kubik@pe.com.pl

Zdjęcie na okładce: Ireneusz Konieczny

Druk: Drukarnia Stella Maris w Gdańsku

Komputer do pomiaru zużycia paliwa w samochodzie

Pomiar zużycia paliwa od dawna nęcił konstruktorów samochodów i kierowców. Pozwala on na bieżące kontrolowanie ile pali nasze cacko. Praktyczny aspekt pomiaru chwilowego zużycia paliwa pozwala na wyrobienie sobie takiej techniki jazdy aby samochód spalał jak najmniej coraz droższego paliwa. Prezentowany w artykule komputerek mierzy chwilowe oraz średnie zużycie paliwa. Oprócz tego posiada jeszcze kilka innych bardzo pomocnych funkcji, które są przydatne w czasie podróży.



Od dawna trwają prace mające na celu wprowadzenie elektroniki w samochodach. Pierwszym ich efektem było zadomowienie się w samochodach elektronicznych układów pomocniczych, takich jak regulatory pauzy wycieraczek, przerywacze kierunkowskazów itp. Dopiero jednak od kilkunastu lat elektronika zaczęła wkraczać w układy sterowania silnikiem i systemy bezpieczeństwa. Stało się to możliwe, gdy znacząco wzrosła niezawodność urządzeń elektronicznych. Dziś w instrukcjach serwisowych można spotkać informację następującej treści: jeżeli sprawdziłeś wszystkie elementy mechaniczne zrób to jeszcze raz a dopiero na samym końcu wymień komputer. Daje to obraz jak wielką wiarę w niezawodność elektroniki pokładają jej konstruktorzy i projektanci. Jednym z pierwszych elementów jaki poddany został elektronizacji był układ zasilania silnika. Przez zasilanie rozumiane jest dostarczanie do silnika mieszanki paliwo-wo-powietrznej.

Od samego początku motoryzacji do zasilania silnika służył gaźnik, czyli układ składający się z gardzieli wraz z umieszczoną w niej przepustnicą i z dyszy dostarczającej paliwo. Rozwiązanie to przeszło wiele modyfikacji, ale podstawowa idea pozostała nie zmieniona przez wiele lat.

W gaźniku ilość dostarczanego do cylindrów paliwa zależna jest od różnicy ciśnień paliwa w przewodzie doprowadzającym do dyszy paliwa i powietrza w okolicy rozpylacza. Dlatego też wylot rozpylacza umieszczany jest w gardzieli gaźnika charakteryzującej się najmniejszą średnicą. Zwężenie gardzieli powoduje wzrost szybkości przepływu powietrza i zmniejszenie ciśnienia. Stąd też paliwo jest zasysane. Przewężona gardziel powoduje jednak dodatkowe opory przepływu powietrza i prowadzi do pogorszenia napełniania cylindrów, obniżając tym samym parametry trakcyjne silnika.

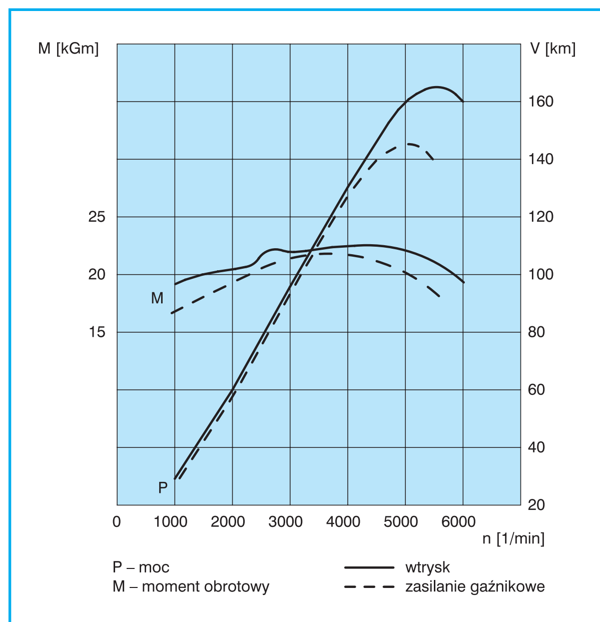
Zapotrzebowanie silnika na paliwo zależy od wielu czynników. Dwa podstawowe czynniki to prędkość obrotowa i obciążenie. Oprócz tego gaźnik musi jeszcze zapewnić odpowiednią ilość paliwa dla biegu jałowego, zwiększaną ponadto dla niskich temperatur silnika. Jakby tego było mało konieczne jest jeszcze podawanie dodatkowej dawki paliwa przy przyspieszaniu (zwiększaniu prędkości obrotowej).

Wszystkie te czynniki sprawiają, że gaźniki były precyzyjnymi i skomplikowanymi urządzeniami mechanicznymi. Mimo to nie udało się uzyskać dokładnego dawkowania paliwa w stanach nieustalonych. Czas dopasowywania składu mieszanki do nowych warunków pracy silnika wynosi ok. 0,4÷0,6 s. Powodowało to, że silnik przez ten czas był zasilany mieszanką o nieprawidłowym składzie, co odbijało się na jego osiągach i znacząco zwiększało emisję szkodliwych składników spalin.

Zwiększająca się liczba samochodów i spowodowany tym wzrost zanieczyszczenia powietrza wymusił na rządach wielu krajów zaostrzenie norm dotyczących emisji szkodliwych substancji przez silniki spalinowe. Równocześnie osiągnięto graniczne możliwości gaźników w zakresie precyzji dawkowania paliwa. Wszystkie te czynniki spowodowały konieczność radykalnych zmian w układach zasilania silników spalinowych.

Bardzo rozsądnie postanowiono rozprawić się z emisją szkodliwych substancji stosując równocześnie trzy główne rozwiązania.

Pierwszym i najprostszym było wycofanie paliw zawierających związki ołowiu i zastąpienie ich paliwami bezołowiowymi. W krajach Europy zachodniej w okresie przejściowym paliwa bezołowiowe były wyraźnie tańsze niż paliwa zawierające ołów, co wynikało z polityki państw zachęcających do zakupu nowych samochodów, mniej szkodliwych dla środowiska.



Rys. 1 Porównanie parametrów silnika zasilanego przez gaźnik i układ wtrysku paliwa

Drugie rozwiązanie polegało na modyfikacji układu zasilania silnika. Zrezygnowano z gaźników, zastępując je wtryskiem paliwa, który zostanie opisany nieco później. Nowa technologia, co jest mało znane, w pierwszym okresie jej stosowania była oparta na mechanice. Dopiero później powszechnie wprowadzono układy elektroniczne najpierw analogowe a następnie cyfrowe.

Trzecim elementem było wprowadzenie katalitycznych dopalaczy spalin popularnie nazywanych katalizatorami. Zastosowanie katalizatorów było możliwe tylko w przypadku zastosowania dwóch pierwszych rozwiązań.

Do powodzenia wprowadzonych rozwiązań konieczne było jeszcze powszechne zastosowanie elektronicznych układów zapłonowych zapewniających odpowiednio dużą energię iskry. Jednakże te rozwiązania były już powszechnie stosowane wcześniej.

Wszystkie te elementy wpłynęły na zmniejszenie emisji toksycznych substancji. Ponadto wtrysk paliwa poprawił zdecydowanie osiągi silników zwiększając moc i poprawiając rozkład momentu obrotowego, czyli zdolność silnika do zwiększania obrotów pod obciążeniem. Zastosowanie zaś katalizatora odbiło się jednak pewnym zmniejszeniem mocy silnika, wynikającym ze wzrostu oporów odprowadzania spalin z cylindrów.

Kolejnym rozwiązaniem wpływającym znacząco na poprawę osiągów silników spalinowych było wprowadzenie techniki wielozaworowej. Silniki wielozaworowe charakteryzują się także nieco mniejszą emisją substancji szkodliwych, ale poprawa ta nie jest zbyt duża. Największą zaletą zastosowania techniki wielozaworowej było zwiększenie elastyczności i mocy silnika. Wzrost elastyczności wynika ze znacznie bardziej wyrównanego przebiegu momentu obrotowego.

Zasilanie silników paliwem przy pomocy wtrysku nie jest wcale nowym pomysłem. Wszak od wielu lat ta technika dawkowania paliwa jest stosowana w silnikach z zapłonem samoczynnym popularnie zwanych silnikami Diesla. Wprowadzenie tej techniki do silników z zapłonem iskrowym (benzynowych) napotykało wiele trudności związanych głównie z precyzją dawkowania paliwa. Dopiero rozwój elektroniki umożliwił rozpowszechnienie wtrysku paliwa. Dzięki sterowaniu elektronicznemu osiągnięto niezwykłą wprost dokładność dawkowania paliwa. Zastosowanie pętli sprzężenia zwrotnego obejmującego silnik, gdzie sygnałem zwrotnym jest poziom zawartości tlenu w spalinach udało się bardzo mocno ograniczyć emisję substancji szkodliwych.

Ponadto zastosowanie wtrysku pozwala na osiągnięcie większej mocy z danej pojemności skokowej silnika w stosunku do zasilania gaźnikowego. Wzrost ten wynosi 20% a czasami nawet więcej (rys. 1). Drugim bardzo ważnym czynnikiem jest wzrost momentu obrotowego, zwłaszcza przy małych prędkościach obrotowych. W efekcie tego przebieg momentu jest bardziej płaski co wpływa na poprawę elastyczności pracy silnika. Dzięki układom wtryskowym spadło także zużycie paliwa. Niebagatelne znaczenia ma wzrost „kultury" pracy silnika zwłaszcza bezpośrednio po rozruchu przy ujemnych temperaturach otoczenia. Współczesny samochód po uruchomieniu, nawet po nocy spędzonej na dwudziesto stopniowym mrozie, od razu jest gotowy do drogi. Nawet więcej, kierowca wcale nie zauważy, że silnik jest zimny.

Aby osiągnąć te wszystkie efekty konieczne jest jednak bardzo skomplikowane sterowanie dawką wtrysku, a to wymaga pomiaru wielu parametrów. Na rysunku 2 przedstawiono schemat blokowy układu sterowania wtryskiem paliwa.

Komputer obsługujący silnik steruje pracą wszystkich układów jakie biorą udział w pracy silnika. Wśród tych układów znajdują się także wtryskiwacze paliwa. Po włączeniu zapłonu komputer przeprowadza testowanie wszystkich elementów układu i wykonuje autokontrolę. Czasami czynności te sygnalizowane są zapaleniem lampki kontrolnej, która gaśnie w przypadku gdy wszystko działa. O ogromie „prac" testowych może świadczyć fakt, że w niektórych starszych modelach komputerów procedura ta trwała nawet 3 sek., z czego naśmiewałem się kiedyś w redakcyjnym wstępniaku. We współczesnych samochodach proces testowania jest praktycznie niezauważalny.

Jeżeli testy wypadną pomyślnie można uruchomić silnik. W przypadku wykrycia uszkodzenia w systemie jest ono sygnalizowane kierowcy, a komputer przechodzi do programu awaryjnej obsługi silnika. W takiej sytuacji silnik będzie pracował lecz nie osiągnie swoich możliwości, lecz pozwoli na dojechanie do stacji serwisowej. W przypadku bardzo poważnej awarii po prostu silnik nie zostanie uruchomiony.

Do prawidłowej pracy układu komputer musi otrzymywać informacje z wielu czujników. Pierwszą grupą są czujniki temperatury dostarczające informacji o temperaturze silnika, powietrza zasilającego silnik i temperaturze katalizatora. Od tych parametrów zależy dawka paliwa; większa gdy silnik jest zimny, lub ograniczana gdy katalizator zostanie przegrzany co grozi jego uszkodzeniem.

Nierzadko mierzone jest ciśnienie atmosferyczne pobieranego powietrza. Pomiar ten ma na celu wprowadzenie korekcji dawki paliwa w zależności od warunków w jakich porusza się pojazd. W górach na wysokości 1000 m n.p.m. ciśnienie atmosferyczne jest niższe od normalnego o 10%, na 2000 m n.p.m. spadek ciśnienia wynosi już 20%. Ze spadkiem ciśnienia wiąże się spadek mocy silnika o mniej więcej ten sam procent. Stąd konieczna poprawka.

Niezmiernie ważna jest ilość pobieranego przez silnik w danej chwili powietrza

i związana z tym informacja o kącie otwarcia przepustnicy. Obecnie spotykane są dwa rozwiązania sterowaniem przepustnicy: klasyczne z linką połączoną z pedałem gazu i z silniczkiem krokowym. Oba rozwiązania mają swoje wady i zalety.

Ponadto do komputera trafia także informacja o tym, który bieg jest w danej chwili włączony, jaka jest prędkość pojazdu i jaka jest prędkość obrotowa silnika.

Zamknięcie pętli sprzężenia zwrotnego w układzie sterowania następuje poprzez sondę λ, nazywaną też sondą tlenową. Sonda ta jest umieszczona w kolektorze wydechowym silnika. Jej zadaniem jest pomiar ilości tlenu zawartego w spalinach. Jest to tzw. zamknięty obwód regulacji w którym wielkość wyjściowa (spaliny) może wpływać na prace układu regulatora. Sygnał z sondy λ pozwala na precyzyjne dobranie niezbędnej dawki paliwa, wpływając równocześnie na silne zmniejszenie emisji substancji szkodliwych.

Do całkowitego spalenia 1 kg paliwa potrzeba 14,7 kg powietrza. Jest to ilość ogromna. Pokonując 100 km średniej wielkości samochód spala ponad 100 kg powietrza, czyli ponad 20 kg tlenu. Jeden samochód w ciągu swojego życia spala ok. 60.000 kg czystego tlenu, aż dziw, że mamy jeszcze czym oddychać.

Na podstawie otrzymywanych z czujników informacji komputer „wie" w jakim stanie znajduje się silnik, oraz „zna" zamierzenia kierowcy. W oparciu o te dane komputer wypracowuje dwa główne sygnały sterujące pracą silnika:
– kąt wyprzedzenia zapłonu;
– czas otwarcia wtryskiwaczy.

Oczywiście sterujących sygnałów pomocniczych jest znacznie więcej. Jednym z nich jest sygnał otwarcia zaworu recyrkulacji spalin, których część jest doprowadzana do kolektora dolotowego, co ma na celu minimalizację emisji substancji szkodliwych. Oprócz tego komputer steruje pracą zaworu doprowadzającego do kolektora opary benzyny ze zbiornika paliwa. Obecnie zbiorniki nie posiadają otwartego odpowietrzenia przez które do otoczenia wydzielają się opary benzyny.

Na korektę wielkości dawki paliwa wpływa nawet tak prozaiczna sprawa jak zapalenie świateł mijania, włączenie ogrzewania szyby tylnej, czy klimatyzacji. Wszystkie te odbiorniki wymagają zwiększenia mocy silnika na biegu jałowym i to jest już sygnałem dla komputera.

W najbardziej rozbudowanych systemach sterowania silnikami stosuje się nawet mikrofony piezoelektryczne montowane w okolicy cylindrów, które „nasłuchują" czy nie występuje spalanie stukowe (popularnie nazywane dzwonieniem zaworów). W przypadku wystąpienia spalania stukowego opóźniany jest kąt wyprzedzenia zapłonu.

Można też spotkać rozwiązania z układem pomiaru momentu obrotowego występującego na półosiach napędowych. Wielkość momentu jest proporcjonalna do kąta skręcenia półosi. Ten sygnał także niesie wartościowe informacje o chwilowym stanie silnika.

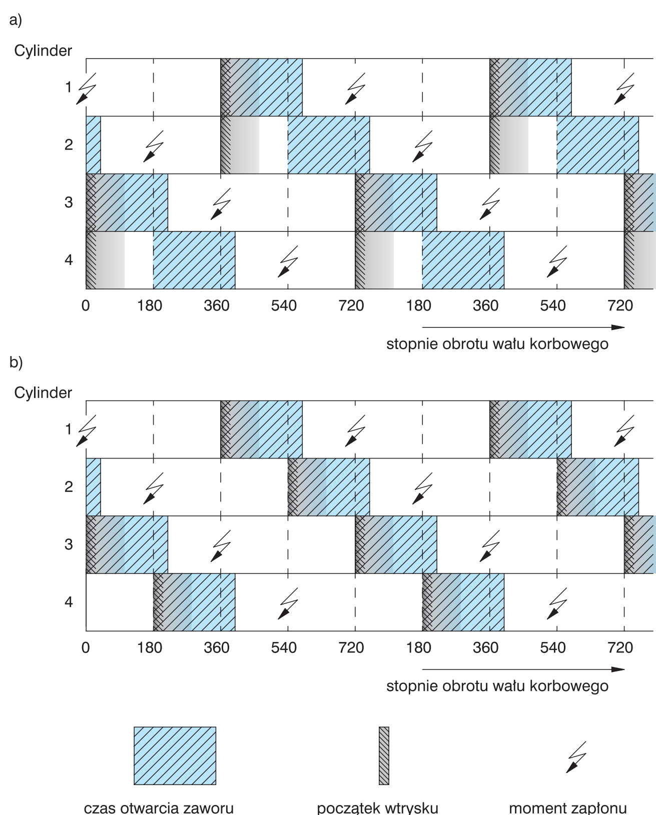
Jak widać z powyższego opisu cała procedura jest bardzo skomplikowana i wymaga naprawdę szybkich procesorów, gdyż wszystkie obliczenia muszą być wykonywane w czasie rzeczywistym, a komputer samochodowy nie może wyświetlić informacji: „w razie problemów skontaktuj się ze sprzedawcą". Wszystkie te skomplikowane procedury przekładają się jednak na jedną bardzo prostą rzecz – czas otwarcia wtryskiwacza.

W układzie zasilania silnika, w zbiorniku paliwa znajduje się elektryczna pompa paliwowa. Tłoczy ona paliwo do wtryskiwaczy i równocześnie, co jest bardzo ważne, zapewnia stałe ciśnienie paliwa. Można zatem zauważyć, że ilość dostarczanego do silnika paliwa jest wprost proporcjonalna do czasu otwarcia wtryskiwaczy. Czyli sam pomiar nie będzie wymagał stosowania żadnych układów mechanicznych jak było to w przeszłości. Wystarczy pomiar czasu otwarcia wtryskiwacza.

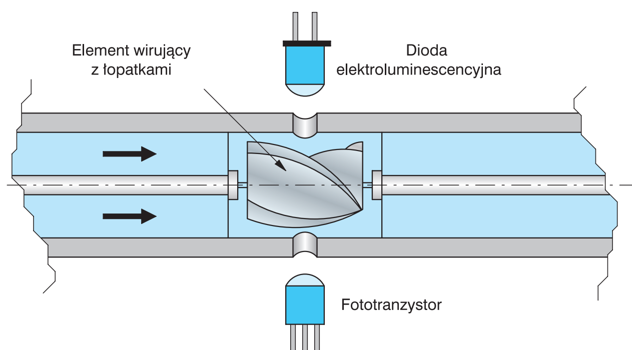
Wypada jeszcze powiedzieć w jaki sposób i kiedy wtryskiwane jest paliwo. Obecnie można spotkać dwa sposoby. W pierwszym, oszczędnym, sposobie wtryskiwacze są łączone w pary kiedy to wtrysk następuje do kanałów dolotowych dwóch cylindrów równocześnie (rys. 3a). Drugim rozwiązaniem jest sterowanie oddzielnie czterema wtryskiwaczami (rys. 3b). Oba sposoby odnoszą się do powszechnego dziś wtrysku wielopunktowego.

W zależności od umieszczenie wtryskiwaczy rozróżnia się rozwiązania w któ-

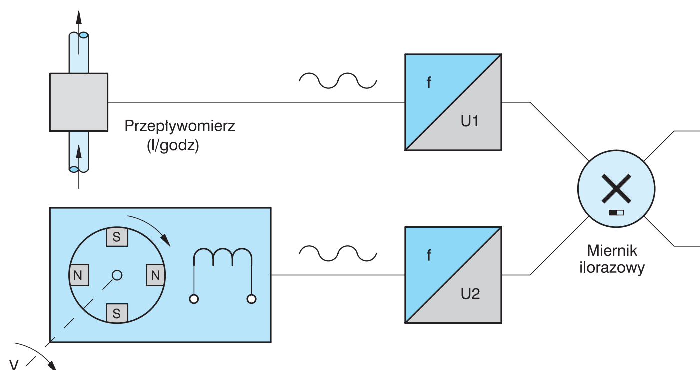
Rys. 2 Schemat blokowy układu sterowania wtryskiem paliwa



Rys. 3 Zależności czasowe w układzie wtrysku paliwa



Rys. 4 Budowa przepływomierza turbinkowego



Rys. 5 Schemat układu do pomiaru chwilowego zużycia paliwa z wykorzystaniem przepływomierza turbinkowego

rych paliwo wtryskiwane jest bezpośrednio do cylindra tzw. wtrysk bezpośredni. Jest to rozwiązanie spotykane sporadycznie, gdyż wiąże się z wysoką ceną wtryskiwaczy, które muszą dostarczać paliwo pod wysokim ciśnieniem. Od tego typu wtryskiwaczy wymagana jest także bardzo duża dokładność, gdyż wtrysk paliwa dokonywany jest w ściśle określonym momencie suwu sprężania. Kolejnym problemem z tym związanym jest przegrzewanie się dysz wtryskiwacza i rozcieńczanie oleju silnikowego benzyną zwłaszcza gdy silnik jest zimny.

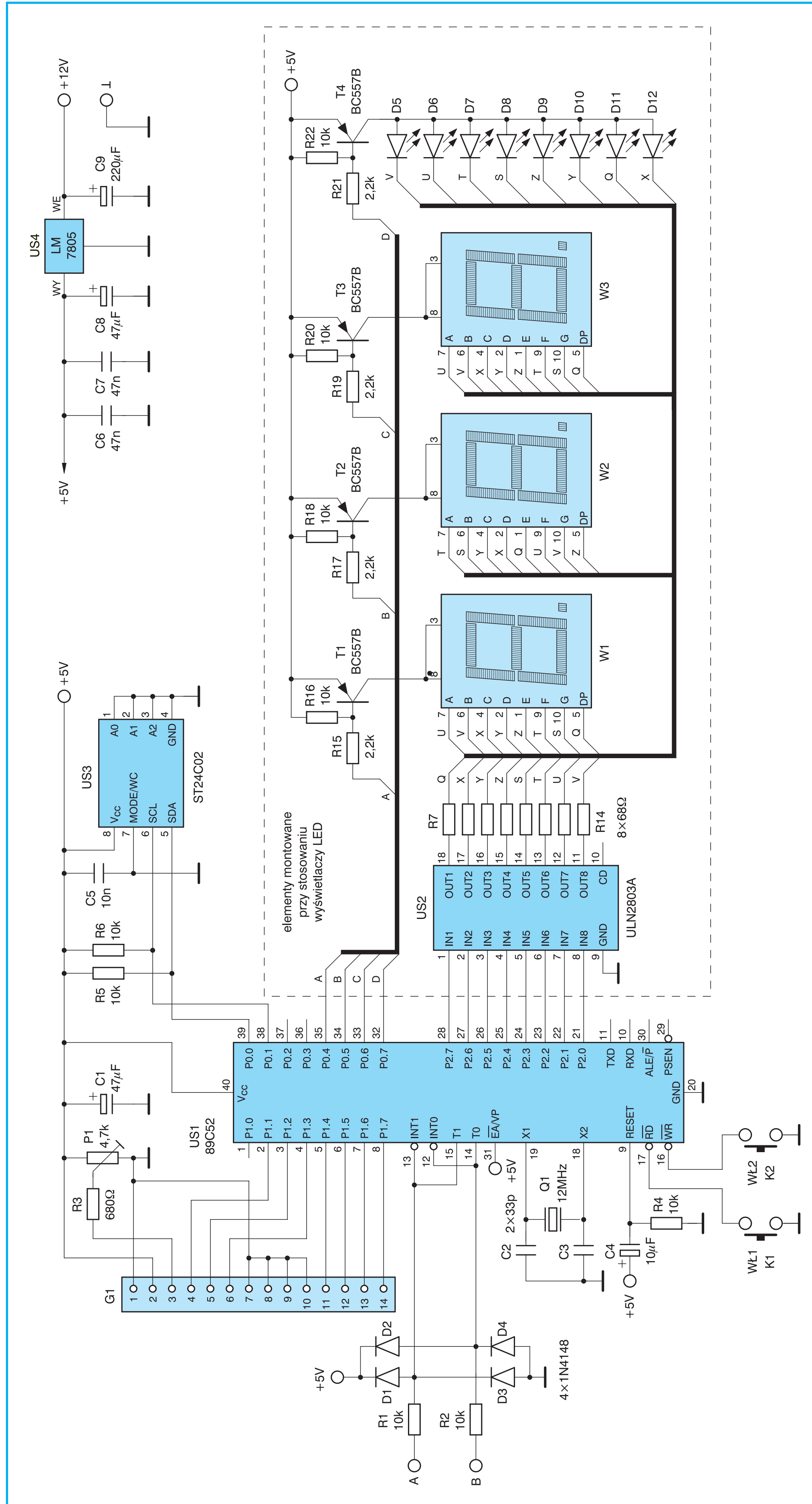
Natomiast szeroko rozpowszechniony jest wtrysk pośredni paliwa. W tym przypadku wtryskiwacze umieszczone są w kanale dolotowym cylindra. Rozpylone paliwo podawane jest tutaj na zawór ssący. Rozpoczęcie wtrysku z reguły przypada na początek cyklu otwarcia zaworu, choć ta zasada nie jest regułą, zwłaszcza przy równoległym łączeniu wtryskiwaczy.

Czas otwarcia wtryskiwaczy zawiera się w przedziale 1÷20 ms. Dla układów elektronicznych jest to czas bardzo długi. Natomiast dla układów mechanicznych 1 ms to naprawdę szybkość niemal „kosmiczna", stąd też urządzenia te są niezwykle precyzyjne.

Zapoznajmy się jednak jak kiedyś radzono sobie z pomiarem ilości paliwa pobieranego przez silnik. Pierwsze najprostsze, mechaniczne mierniki informujące kierowcę o zużyciu paliwa oparte były na pomiarze podciśnienia w kanale dolotowym. Metoda ta charakteryzuje się najmniejszą dokładnością. Zależność zużycia paliwa od podciśnienia jest prosta. Im większe podciśnienie tym mniejsze zużycie paliwa. Większe podciśnienie występuje wtedy gdy zamknięta jest przepustnica w gaźniku. Tego typu pomiar dawał tylko orientacyjną ocenę zużycia paliwa i nie mógł być podawany w litrach na 100 km. Podobną dokładność przedstawiał pomiar kąta uchylenia przepustnicy.

Nieco dokładniejsze metody uwzględniały jeszcze kilka czynników takich jak prędkość jazdy, prędkość obrotowa silnika, czy też włączony aktualnie bieg. Jednakże wszystkie opierały się na pomiarach pośrednich, stąd ich mała dokładność.

Największą dokładnością charakteryzowały się metody mierzące rzeczywistą ilość paliwa pobieranego w danej chwili przez silnik. Do obliczenia zużycia ilości paliwa na 100 km potrzebna jeszcze była



Rys. 6 Schemat ideowy komputerka samochodowego

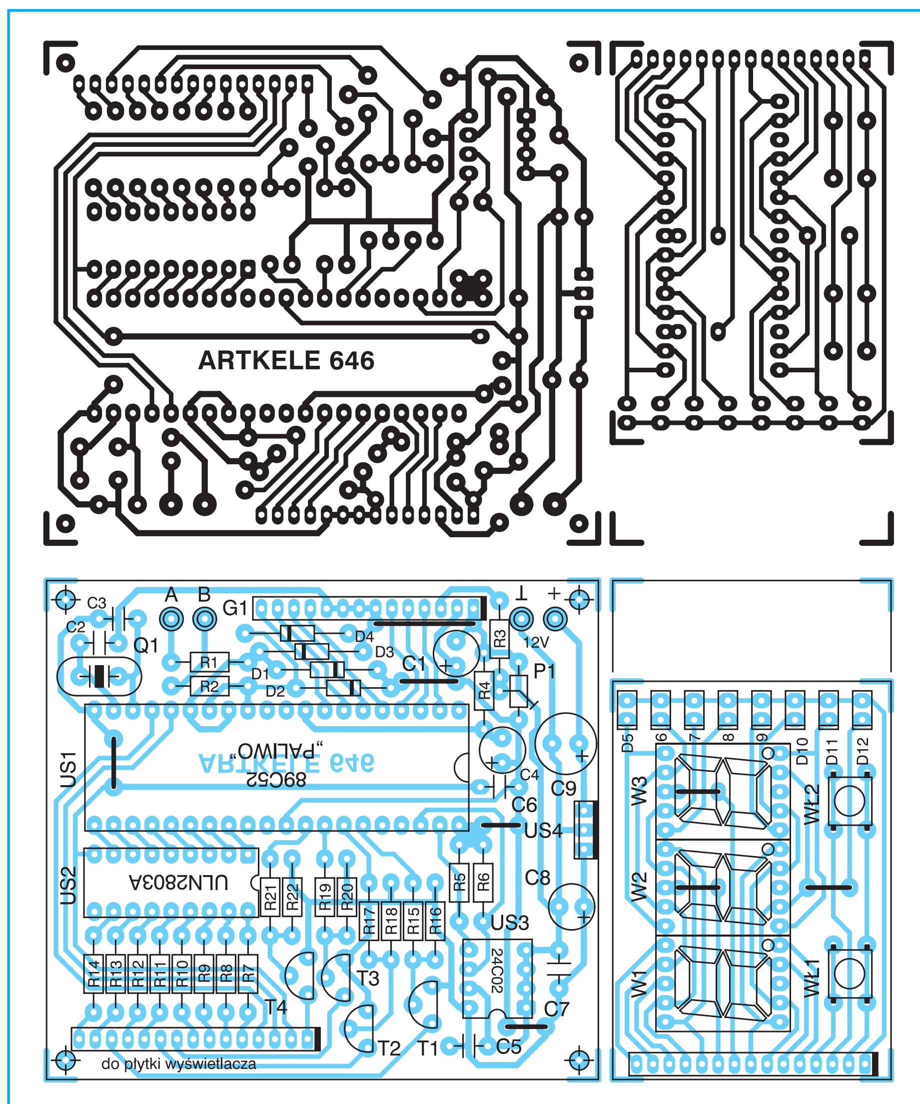
prędkość pojazdu. Do pomiaru ilości paliwa płynącego do silnika stosowano przepływomierze turbinkowe. Budowę takiego przepływomierza przedstawiono na rysunku 4.

W urządzeniu tym element wirujący (turbinka) obraca się na skutek ruchu paliwa w przewodzie. Prędkość obrotowa turbinki jest wprost proporcjonalna do szybkości przepływu paliwa. Turbinka jest umieszczona w przezroczystej obudowie i skonstruowana w ten sposób, że podczas ruchu obrotowego jej łopatki przesłaniają strumień świetlny emitowany przez diodę nadawczą a odbierany przez fototranzystor. Na wyjściu układu otrzymuje się impulsy o częstotliwości wprost proporcjonalnej do ilości płynącego w danej chwili paliwa.

Stąd już prosty krok do pomiaru chwilowego zużycia paliwa na 100 km. Schemat blokowy prostego układu pomiarowego zamieszczono na rysunku 5.

W układzie zastosowano dwa przetworniki częstotliwości na napięcie. Napięcia z obu przetworników doprowadzono do miernika ilorazowego mierzącego stosunek dwóch wielkości. Jeżeli przepływ paliwa wyskalowany jest w litrach na godzinę a prędkość pojazdu mierzy się w kilometrach na godzinę, chwilowe zużycie paliwa podawane jest jako stosunek tych dwóch wielkości i wyrażane w litrach na sto kilometrów. W pierwszych, analogowych systemach pomiarowych, przy zerowej prędkości pojazdu wskazania miernika osiągały wartość maksymalną (dzielenie przez zero). Z problemem tym poradzono sobie stosując dodatkowy układ zerowania wskazań.

Dopiero era wtrysku i zastosowanie techniki cyfrowej pozwoliły na dokładne i pozbawione wszelkich mankamentów mierzenie chwilowego zużycia paliwa. Dokładność po-



Rys. 7 Płytka drukowana i rozmieszczenie elementów

miaru umożliwia także mierzenie innych wielkości związanych z jazdą i ze zużyciem paliwa. Do wykonania wszystkich obliczeń wystarczą tylko dwie wielkości:

– czas otwarcia wtryskiwaczy;
– prędkość jazdy.

Komputer samochodowy nazywany dalej komputerkiem umożliwia pomiar szeregu wielkości związanych ze zużyciem paliwa:

1. Chwilowe zużycie paliwa [l/100 km];
2. Średnie zużycie paliwa [l/100 km];
3. Liczba kilometrów jakie samochód przejedzie na pozostałej w zbiorniku ilości paliwa [km];
4. Średnia prędkość jazdy [km/godz];
5. Średnia prędkość podróży [km/godz];
6. Czas jazdy [godz:min];
7. Czas podróży [godz:min]
8. Prędkość maksymalna [km/godz]

Uwagi

A. Pomiar (1) przeprowadzany jest tylko dla prędkości większych od ok. 5 km/godz, co ma na celu uniknięcie niemiarodajnych wskazań dla prędkości bliskich zeru.

B. Wyniki pomiarów (2, 4÷8) mogą być kasowane ręcznie.

C. Po zatankowaniu zbiornika do pełna należy poinformować o tym komputerek aby mógł on na bieżąco podawać pomiar (3).

D. Pomiary (4 i 6) wykonywane są tylko z uwzględnianiem czasu kiedy samochód porusza się z prędkością większą niż 5 km/godz.

E. Pomiary (5 i 7) wykonywane są z uwzględnieniem czasu od ostatniego kasowania ręcznego. W przypadku postoju czas podróży mierzony jest w dalszym ciągu.

F. W przypadku wyświetlacza LED wynik pomiarów (6 i 7) wyświetlany jest w formacie 9.59 – godziny i minuty. Po przekroczeniu czasu 10 godz następuje zmiana formatu wyświetlania na 99.5 – godziny i dziesiątki minut. Na wyświetlaczu LCD wynik wyświetlany jest zawsze w formacie 99.59.

G. Wyświetlanie dowolnych wyników zostaje wyłączone jeżeli samochód nie będzie w ruchu dłużej niż 30 sek. Po ruszeniu samochodu wyświetlanie wyników włączy się automatycznie. W czasie postoju naciśnięcie jednego z przycisków spowoduje włączenie wyświetlania wyników.

Schemat układu komputerka mierzącego zużycie paliwa przedstawiono na rysunku 6. Do jego wejść doprowadzono dwa wyżej wymienione sygnały. Pierwszy z nich (sygnał A) pochodzi z układu sterowania wtryskiwaczem. Stan niski na tym wejściu odpowiada czasowi otwarcia wtryskiwacza. Równocześnie okres powtarzania wtrysku niesie informacje o prędkości obrotowej silnika. Przy czym częstotliwość ta jest dwukrotnie mniejsza od częstotliwości obrotów wału korbowego, gdyż pojedynczy wtrysk występuje raz na dwa obroty wału. Wynika to z tego, że silnik czterosuwowy wykonuje jeden pełny cykl pracy raz na dwa obroty, w przeciwieństwie do silnika dwusuwowego w którym każdy pełny cykl pracy trwa przez jeden obrót wału korbowego.

Na drugie wejście komputerka (sygnał B) doprowadzane są impulsy z przetwornika drogi. Większość współczesnych samochodów posiada elektroniczny układ dostarczający impulsy których częstotliwość jest proporcjonalna do szybkości poruszania się pojazdu. Impulsy z przetwornika drogi niosą informacje o szybkości pojazdu i przejechanym dystansie.

Ponieważ w różnych samochodach konstrukcje wtryskiwaczy są różne, ponadto różne są przełożenia w przetworniku drogi konieczne jest przeprowadzenie kalibracji układu pozwalające na zmierzenie jednostkowej dawki paliwa podawanej przez wtryskiwacz w jednostce czasu. Wartość ta wyrażana jest w litrach na sekundę otwarcia wtryskiwacza.

Informacja z przetwornika drogi jest bezwymiarowa i odpowiada liczbie impulsów jakie docierają z przetwornika podczas przejechania wzorcowego dystansu 10 km. Także ta wielkość podlega kalibracji.

Oprócz tego w procesie kalibracji układ musi zapamiętać pojemność zbiornika paliwa, którą w trakcie kalibracji wprowadza użytkownik. Informacja ta jest niezbędna dla obliczenia przez komputerek liczby kilometrów, które może pokonać samochód na pozostającej jeszcze w zbiorniku paliwa ilości paliwa.

Wszystkie dane kalibracyjne oraz inne wielkości obliczane w trakcie pracy komputerka przechowywane są w nieulotnej pamięci US3.

Do sterowania komputerka przewidziano dwa mikrowłączniki WŁ1 i WŁ1. Umożliwiają one wybór wyświetlanego aktualnie pomiaru oraz wszelkie sterowanie procedurami kalibracji i kasowania.

Wyniki pomiaru mogą być wyświetlane na wyświetlaczu alfanumerycznym LCD 1x16, który dołączany jest do gniazda G1. Możliwe jest też zamontowanie wyświetlacza LED w tańszej wersji komputerka. Diody D5÷D12 informują o tym, która z mierzonych wielkości jest aktualnie wyświetlana. W przypadku stosowania wyświetlacza LCD nie montuje się elementów znajdujących się w polu obwiedzionym linią przerywaną.

W drugiej części artykułu zostanie przedstawiony opis montażu, kalibracji i podłączenia układu do instalacji elektrycznej samochodu.

Wykaz elementów:

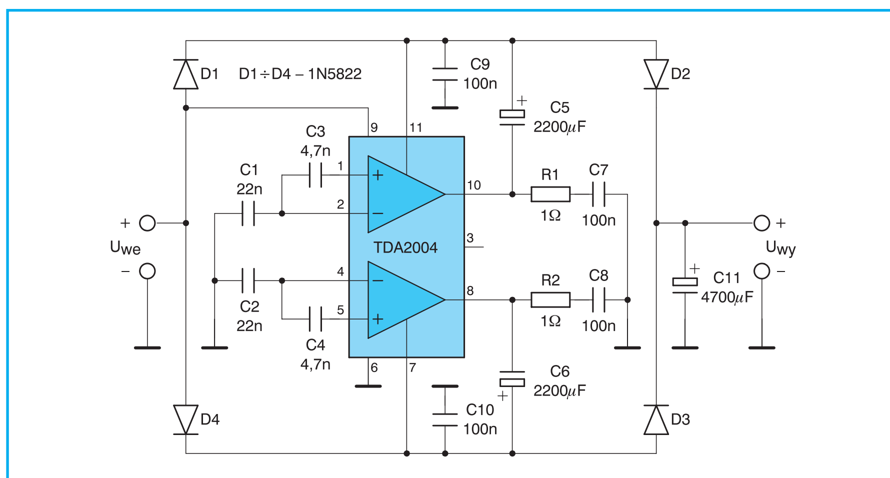
Półprzewodniki	
US1	– 89C52 "PALIWO"
US2	– ULN 2803A
US3	– ST24C02
US4	– LM 7805
T1÷T4	– BC 557B
D1÷D4	– 1N4148
D5÷D12	– diody LED prostokątne (kolor świecenia taki jak W1÷W3)
Rezystory	
R7÷R14	– 200 Ω/0,125 W
R3	– 680 Ω/0,125 W
R15, R17, R19, R21	– 2,2 kΩ/0,125 W
R1, R2, R4÷R6, R16, R18, R20, R22	– 10 kΩ/0,125 W
P1	– 4,7 kΩ TVP 1232
Kondensatory	
C2, C3	– 33 pF/50 V ceramiczny
C5	– 10 nF/50 V ceramiczny
C6, C7	– 47 nF/50 V ceramiczny
C4	– 10 µF/25 V
C1, C8	– 47 µF/25 V
C9	– 220 µF/25 V
Inne	
Q1	– rezonator kwarcowy 12 MHz
W1÷W3	– wyświetlacz ze wspólną anodą MAN6760, LTS546G, CQV31
WŁ1, WŁ2	– mikrowłączniki
płytka drukowana numer 646	

Płytki drukowane wysyłane są za zaliczeniem pocztowym. Płytki i **zaprogramowane** układy z dopiskiem **PALIWO** można zamawiać w redakcji PE.

Cena: płytka numer 646 – 9,80 zł
PALIWO – 45,00 zł
\+ koszty wysyłki (11 zł).

◊ ***Dariusz Cichoński***
◊ ***Tomasz Kwiatkowski***

Pomysły układowe – nietypowa przetwornica DC/DC



Rys. 1 Schemat przetwornicy DC/DC podwajającej napięcie zasilania

Okazuje się, że monolityczne wzmacniacze mocy mogą służyć także do innych celów. Przykładem takiego zastosowania popularnego i taniego wzmacniacza akustycznego jest układ przetwornicy podwyższający napięcie przedstawiony na rysunku 1. Zastosowano w nim stereofoniczny wzmacniacz typu TDA 2004 lub TDA 2005.

W zasadzie układ składa się z dwóch identycznych połówek połączonych ze sobą równolegle. Obie połówki przetwornicy pracują asynchronicznie. Równoległe połączenie pozwala na wykorzystanie obu wzmacniaczy mocy i tym samym na zwiększenie prądu obciążenia do wartości 1 A. Układ może być zasilany napięciem z przedziału +8÷+14 V.

Kondensatory C1 i C3 (C2, C4) zapewniają kontrolowane wzbudzenie się wzmacniacza mocy, w efekcie którego na wyjściu (nóżka 10 i 8 US1) pojawia się przebieg prostokątny o częstotliwości ok. 5 kHz.

Stopień końcowy wzmacniacza przeładowuje naprzemiennie kondensator C5 (C6). W chwili gdy stan wyjściowy stopnia mocy jest niski, kondensator C5 (C6) ładuje się przez diodę D1 (D4). Po zmianie stanu wyjścia na wysoki zgromadzony w kondensatorze ładunek jest przekazywany przez diodę D2 (D3) do kondensatora filtru wyjściowego C11. Powoduje to podwojenie napięcia zasilającego układ przetwornicy.

Dla zapobieganiu wzbudzenia się układu na wysokich częstotliwościach ponadakustycznych konieczne są obwody kompensacji R1, C7 i R2, C8. Stabilność zapewniają także kondensatory C9 i C10.

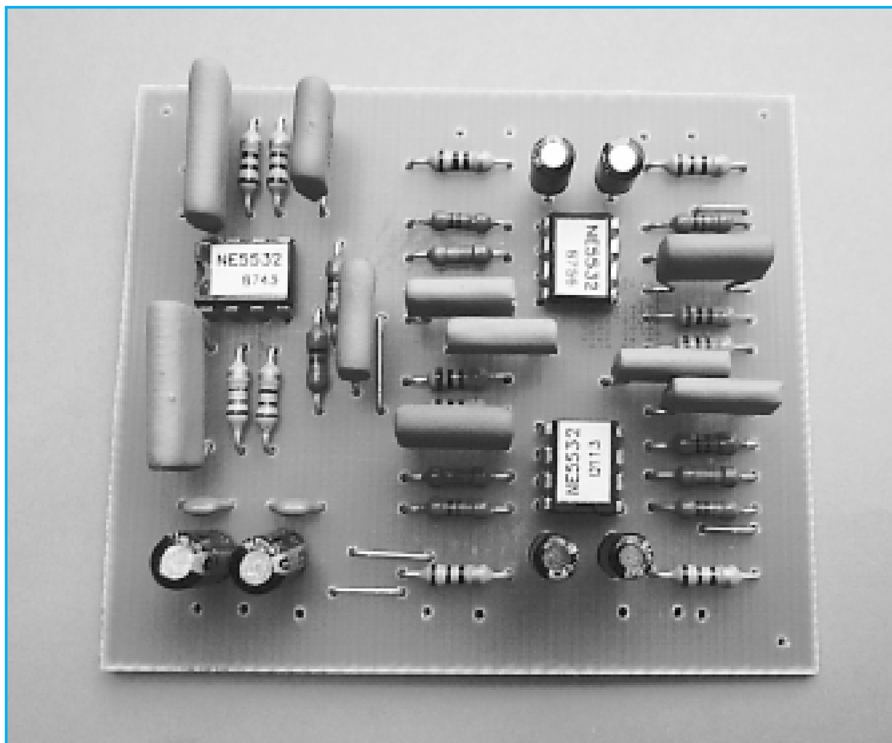
Dla zminimalizowania strat w przetwornicy zastosowano diody Schottky'ego D1÷D4. Sprawność przetwornicy nie jest rewelacyjna i wynosi ok. 80%. Dlatego też konieczne jest umocowanie układu US1 na niewielkim radiatorze.

Napięcie wyjściowe przy poborze prądu 1 A wynosi ok. 20 V przy zasilaniu układu napięciem 12 V.

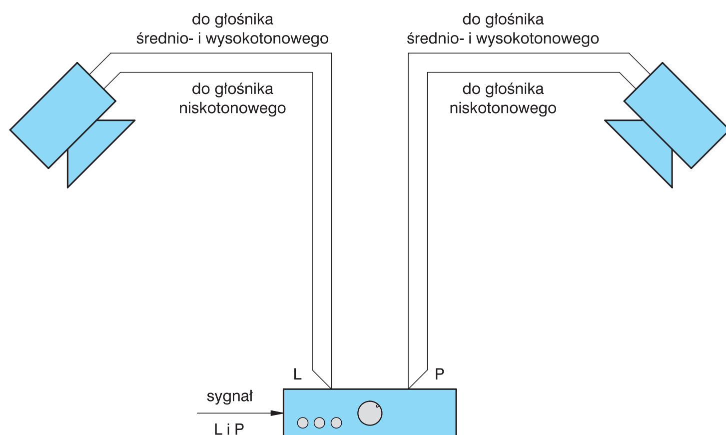
◊ ***Redakcja***

Biamping technika nagłośnienia

W ostatnich latach daje się zauważyć duży postęp w technice odtwarzania dźwięków. Konstruktorzy i melomani zabrali się bardzo ostro za najsłabsze ogniwo toru elektroakustycznego jakim są kolumny głośnikowe. Z drugiej strony dokonał się także powolny rozwój konstrukcji samych głośników. Nie wymyślono w tej dziedzinie prochu ale udoskonalono to co od dawna było znane. Artykuł przedstawia opis technik zasilania głośników i możliwości udoskonalenia posiadanych już zestawów głośnikowych.



Fani okablowania sprzętu elektroakustycznego i zwolennicy miedzi wielkokrystalicznej przywiązują dużą wagę do przewodów łączących wzmacniacz z zestawami głośnikowymi. Osobiście nie jestem zwolennikiem tych rozwiązań, choć uważam, że dobrej jakości kable są na pewno ważne. Natomiast spory wydatek na specjalne przewody i złocone końcówki jest według mnie zupełnie zbędny. Przewody łączące poszczególne elementy zestawu elektroakustycznego na pewno powinny charakteryzować się wysokim współczynnikiem ekranowania. Lecz jest to jedyne kryterium na które zwracam uwagę.



Rys. 1 Schemat podłączenia zestawów głośnikowych w technice biwiring

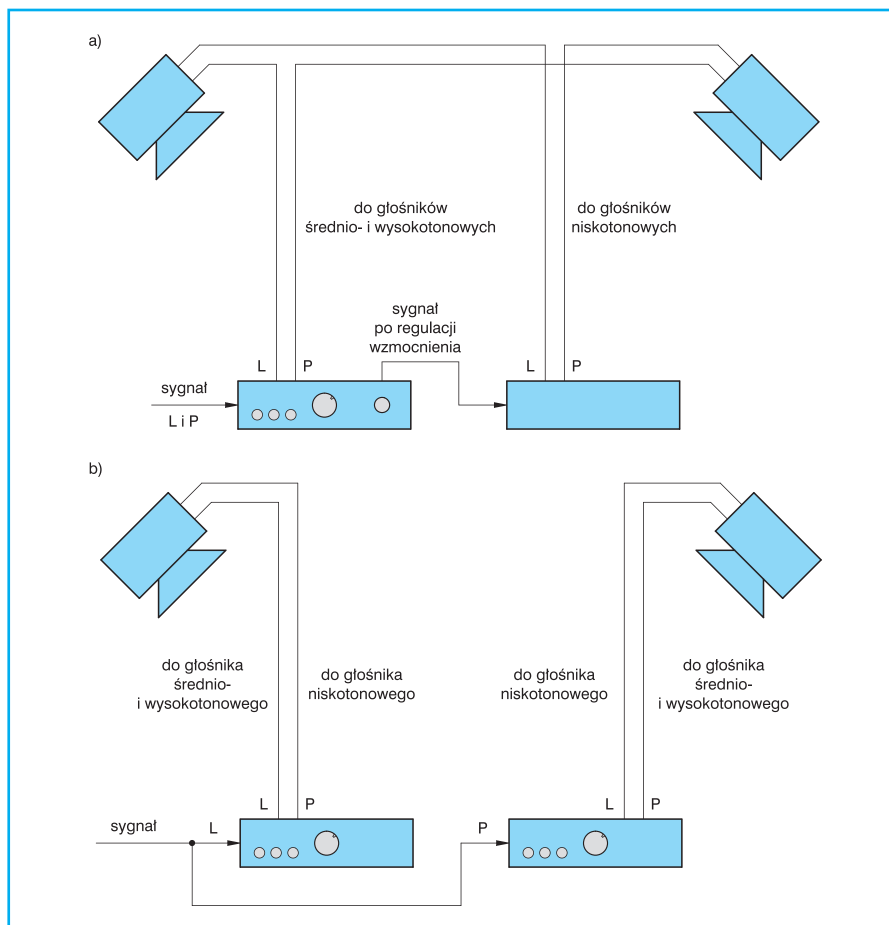
Podobnie nie zachwycają mnie specjalne przewody głośnikowe wykonane z wielkokrystalicznej miedzi. Natomiast uważam, że bardzo dużą rolę odgrywa ich średnica. Im jest ona większa tym lepiej. Chodzi tu o prozaiczna rzecz jaką jest rezystancja przewodów które nierzadko mają długość kilku metrów. Im większy jest przekrój przewodu tym jego rezystancja będzie mniejsza a o to przede wszystkim chodzi.

Ważne są także same połączenia przewodów ze wzmacniaczem i zestawami głośnikowymi. Dobre połączenia muszą zapewniać maksymalnie małą niską rezystancję. Nie mając żadnych „super złącz" problem rezystancji połączeń rozwiązałem u siebie w bardzo prosty sposób, lutując przewody z jednej strony do zacisków w kolumnach z drugiej zaś do zacisków wzmacniacza. Jest to rozwiązanie dość niewygodne gdy zachodzi potrzeba rozłączenia zestawu, lecz na szczęście zdarza się to niezmiernie rzadko, a wyjęcie lutownicy nie zajmuje wiele czasu.

Jedną z koncepcji zasilania zestawów głośnikowych jest tzw *biwiring* czyli technika dwuprzewodowa. Schemat blokowy takiego połączenia przedstawiono na rysunku 1.

W układzie tym sygnał ze wzmacniacza prowadzony jest oddzielną parą przewodów do głośników niskotonowych oraz oddzielną parą do głośników średnio- i wysokotonowych. Takie połączenie można zastosować w zestawach głośnikowych posiadających cztery zaciski wejściowe, z których dwie pary są ze sobą zwarte przy normalnej, pracy jednoprzewodowej. Przy zasilaniu typu *biwiring* zaciski rozwiera się rozłączając połączenie głośnika niskotonowego z resztą zestawu. Kolumny z czterema zaciskami posiadają typowe, bierne zwrotnice głośnikowe, z tą tylko różnicą, że wejścia prowadzące do elementów zwrotnicy głośnika niskotonowego wyprowadzone są oddzielnie na płytę przyłączeniową.

Zwolennicy tego typu rozwiązania uważają, że „przepuszczanie" przez przewody głośnikowe sygnałów zmiennych o różnych częstotliwościach i wartościach prądów czyni wiele szkody dla czystości brzmienia. Duże prądy jakie z reguły płyną przez głośniki niskotonowe powodują



Rys. 2 Schemat podłączenia zestawów głośnikowych w technice biamping

dwóch wzmacniaczy o różnych mocach wyjściowych. W przeważającej większości przypadków moc wzmacniacza zasilającego głośniki średnio- i wysokotonowe może być dwukrotnie mniejsza niż moc drugiego wzmacniacza.

Do zasilania głośników niskotonowych wystarczy sam wzmacniacz mocy, bez układów komutacji i regulacji barwy dźwięku. Tego typu połączenia są szczególnie wygodne w przypadku gdy dysponuje się wzmacniaczem wyposażonym w wyjście typu *pre-out*. Na wyjściu tym dostępny jest sygnał za potencjometrami regulacji głośności i balansu. Tak więc głośność można bez najmniejszych problemów regulować w pierwszym wzmacniaczu, co równocześnie wpływa na pracę obu końcówek mocy. W przypadku gdy wzmacniacz nie posiada wyjścia *pre-out* jedynym wyjściem jest niewielka przeróbka pierwszego wzmacniacza polegająca na wyprowadzeniu sygnału z potencjometru regulacji głośności lub balansu.

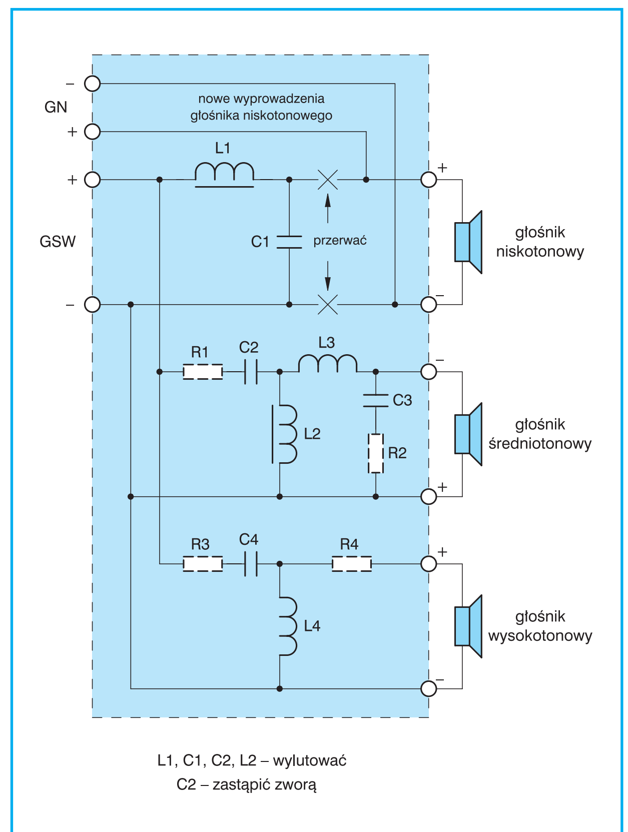
Drugim możliwym połączeniem (rys. 2b) jest połączenie dwóch identycznych wzmacniaczy z których pierwszy zasila zestaw głośnikowy kanału lewego a drugi wzmacniacz zasila kanał prawy. W układzie tym głośniki niskotonowe za-

niepotrzebne spadki napięcia i zakłócają przepływ prądów do części średnio- wysokotonowej zestawu. Odtwarzanie niskich tonów nabiera ponoć czystości i pięknego brzmienia, zaś pozostałe tony stają się czystsze i klarowniejsze.

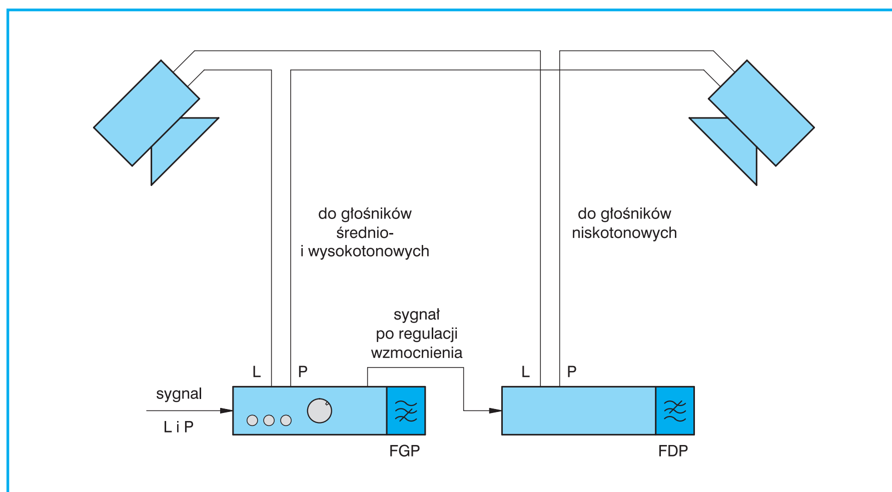
Osobiście nie przekonuje mnie ten pogląd. Wszak w samym wzmacniaczu mocy sygnały są ze sobą dokładnie wymieszane i przechodzą przez bardziej skomplikowane i udziwnione nieliniowe układy jakimi są tranzystory. Powiem więcej płyną nawet przez ścieżki drukowane, które wcale nie są wykonane z wielkokrystalicznej miedzi tak uwielbianej przez niektórych audiofili. Jednak jest w tym poglądzie nieco racji w przypadku gdy średnica przewodów zasilających jest zbyt mała. W takim przypadku dodanie drugiego przewodu sprowadza się do zmniejszenia wypadkowej rezystancji połączenia co jest jak najbardziej wskazane.

Drugą techniką zasilania głośników, notabene bardziej kosztowną jest *biamping* czyli technika dwuwzmacniaczowa. Schemat tego rodzaju zasilania kolumn przedstawiono na rysunku 2. Technika ta jest już dużo bardziej obiecująca niż poprzednia. Podobnie jak poprzednio w tym rozwiązaniu sygnał jest doprowadzany do zestawów głośnikowych dwoma oddzielnymi przewodami z tą jednak różnicą, że pochodzi on z dwóch odrębnych wzmacniaczy.

Samo zastosowanie dwóch wzmacniaczy sprawia, że możliwe są dwa rodzaje tego typu podłączenia. W pierwszym (rys. 2a) sygnały do głośników niskotonowych lewego i prawego kanału pochodzą z tego samego wzmacniacza. Natomiast część średnio- i wysokotonowa zestawów głośnikowych zasilana jest z drugiego wzmacniacza. Zaletą tego rozwiązania jest możliwość zastosowania



Rys. 3 Schemat ideowy typowej zwrotnicy trójdrożnej



Rys. 4 Schemat podłączenia kolumn głośnikowych w układzie biamping z zastosowaniem filtrów pasmowoprzepustowych

silane są z kanału prawego a średnio i wysokotonowe z kanału lewego. Podnoszoną przez zwolenników biampingu zaletą tego rozwiązania jest wyśmienita separacja pomiędzy kanałami. Zaleta ta jednak w praktyce nie ma najmniejszego znaczenia. Dobre wzmacniacze zapewniają separację pomiędzy kanałami na poziomie 50÷70 dB, a bardzo dobre jeszcze większą. Jak pokazują badania, wyrobieni w odbiorze muzyki słuchacze zauważają poprawę separacji pomiędzy kanałami do poziomu ok. 50 dB. Dalsza poprawa nie jest zauważalna. Nie ma więc potrzeby osiągania separacji 100 dB, gdyż nikt tego nie jest w stanie usłyszeć.

Zwolennicy techniki biamping zachwycają się tego typu podłączeniami twierdząc, że pełne rozdzielenie sygnałów o niskich i wysokich częstotliwościach pomiędzy dwa wzmacniacze zdecydowanie poprawia brzmienie. Przy okazji zawsze też podnoszony jest wpływ jakości przewodów głośnikowych na brzmienie. Jeżeli nie ma dostatecznej poprawy jakości zwykle winne są przewody. Wszak zawsze można kupić jeszcze droższe niż te które zastosowaliśmy. Oczywiście nie zgadzam się z tymi poglądami i twierdzę, że technika biamping w przedstawionej wyżej postaci nie jest warta zachodu i kosztów jakie należy ponieść za zakup lub zbudowanie drugiego wzmacniacza mocy.

Mimo wszystko wprowadzając niewielką modyfikację do układu biamping można osiągnąć efekty, które dają się już zauważyć przez średnio wyrobionego słuchacza. Zanim przedstawię sposób rozwiązania problemu słów kilka o kolumnach głośnikowych i stosowanych tam rozwiązanich.

Z uwagi na specyfikę odtwarzania dźwięków nie jest możliwe zbudowanie głośników dobrze przenoszących cały zakres częstotliwości akustycznych. Stąd też produkuje się głośniki nisko- średnio- i wysokotonowe. Połączenie ich razem wymaga stosowania biernych zwrotnic, czyli układów filtrów rozdzielających poszczególne fragmenty pasma akustycznego. Najczęściej stosowane są zwrotnice trójdrożne, rozdzielające sygnał akustyczny na trzy głośniki. Typowy dla takich rozwiązań schemat zwrotnicy przedstawiono na rysunku 3.

W przedstawionej zwrotnicy nachylenie filtrów rozdzielających pasma akustyczne wynosi 12 dB/okt, co także jest najczęściej spotykanym rozwiązaniem. Rezystory, zaznaczone na schemacie ideowym zwrotnicy linią przerywaną mogą, lecz nie muszą występować. Służą one do stłumienia sygnału doprowadzanego do głośników średnio- i wysokotonowych. Ma to na celu wyrównanie charakterystyki częstotliwościowej. Podyktowane jest to najczęściej wyższą efektywnością tych głośników w stosunku do głośnika niskotonowego i chęcią uzyskania jak najniższej dolnej częstotliwości odtwarzania. Oprócz elementów umieszczonych na schemacie w zwrotnicach mogą jeszcze występować dodatkowe elementy takie jak termistory PTC, lub żarówki zabezpieczające głośniki średnio- i wysokotonowe przed przeciążeniem.

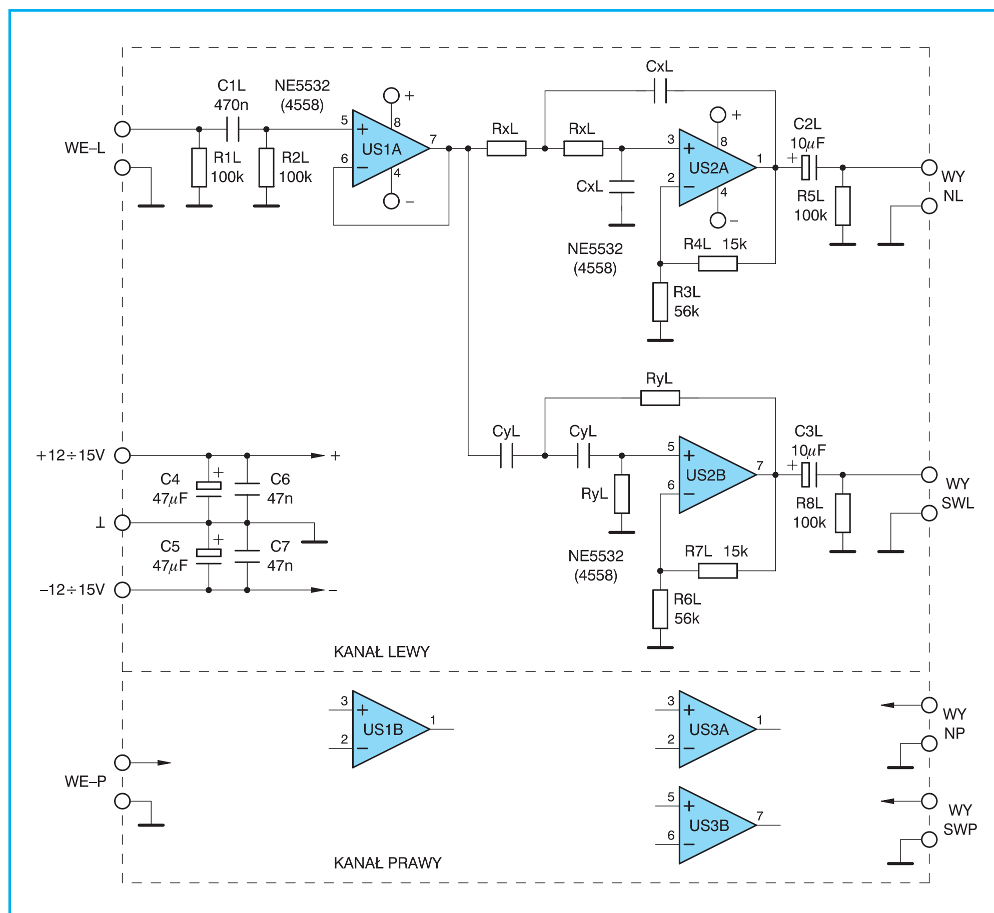
Podstawowym mankamentem wprowadzenia do zestawu zwrotnicy jest dodanie w szereg z głośnikiem niskotonowym cewki indukcyjnej L1. Cewka ta o dość dużej wartości indukcyjności wnosi sobą oprócz indukcyjności także rezystancję szeregową. Sprawia to, że w sposób znaczący pogarsza się tłumienie elektryczne głośnika niskotonowego.

Podczas ruchu membrany głośnika niskotonowego w jego poruszającej się cewce, która znajduje się w polu magnetycznym magnesu, indukuje się siła przeciwelektromotoryczna, czyli napięcie proporcjonalne do szybkości ruchu cewki. Z uwagi na bardzo małą impedancję wyjściową wzmacniacza mocy napięcie indukowane w cewce jest tłumione przez wzmacniacz. Efektem tego jest znaczne tłumienie pasożytniczych drgań membrany. Wielkość tłumienia zależy z jednej strony od impedancji cewki głośnika jako źródła tego napięcia. Im jest ona większa tym tłumienie będzie większe. Z drugiej zaś strony tłumienie jest zależne od impedancji widzianej przez cewkę, na którą składa się impedancja cewki L1 połączona szeregowo z rezystancją przewodów łączących głośnik ze wzmacniaczem i od impedancji wyjściowej samego wzmacniacza. Tłumienie to jest tym większe im mniejsza jest impedancja widziana przez cewkę. (Tłumienie elektryczne głośnika było przedstawione w PE 7/2000 str. 9 *przyp red.*)

Dlatego tak ważne jest stosowanie przewodów łączących wzmacniacz z kolumną głośnikową o jak największym przekroju. Z drugiej strony elementem nie do „przeskoczenia" jest impedancja cewki L1 w zwrotnicy. Jedynym wyjściem pozwalającym zmniejszyć impedancję tego układu jest usunięcie zwrotnicy.

Efekt który uzyska się w tym przypadku jest już zauważalny i dotyczy przede wszystkim tonów niskich. Basy będą odtwarzane lepiej, co szczególnie można zauważyć przy tzw. „stopce", czyli dużym bębnie. Jego dźwięk będzie krótszy i ostrzejszy, pozbawiony efektu dudnienia. Proszę zauważyć, że na koncertach rockowych „stopka" jest zawsze krótka i ostra, wyraźnie czuć silne uderzenie dźwięku. W domu zaś „stopka" jest rozmyta i dudniąca. Efekt poprawy odtwarzania tonów niskich może być słabo dostrzegany w małych pomieszczeniach, gdzie zwłaszcza przy większym poziomie natężenia dźwięku powstaje akustyczna fala stojąca, wynikająca z rezonansów pomieszczenia.

W kolumnach estradowych najczęściej głośnik niskotonowy zasilany jest właśnie z pominięciem zwrotnicy. Składają się na



Rys. 5 Schemat ideowy filtrów pasmowych

to dwie przyczyny. Jedna to opisane wcześniej tłumienie głośnika a druga to bardzo duże moce doprowadzane do głośnika i konieczność stosowania olbrzymich cewek, które są drogie i pochłaniają sporo mocy, co powoduje bardzo silne ich nagrzewanie. Dla przykładu przy rezystancji cewki 0,4 Ω i mocy 600 W straty w cewce wynoszą aż 30 W.

Reasumując można stwierdzić krótko: pozbycie się zwrotnicy w obwodzie głośnika niskotonowego wpływa na poprawę odtwarzania tonów niskich. Konieczne jest jednak zapewnienie podziału częstotliwości doprowadzanych do poszczególnych głośników. Jedynym wyjściem z tej sytuacji jest zastosowanie odrębnych wzmacniaczy z filtrami pasmowymi po stronie niskosygnałowej. Schemat takiego połączenia przedstawiono na rysunku 4.

Rozwiązanie to jest zbliżone do układu z rysunku 2a. Zanim przejdziemy do samego układu filtrów trzeba wspomnieć jeszcze o przeróbkach jakie należy wykonać w samej zwrotnicy głośnikowej. Pierwszą rzeczą jest ustalenie częstotliwości granicznej filtru dolnoprzepustowego zasilającego głośnik niskotonowy. Z reguły kolumny głośnikowe nie posiadają schematów zwrotnic, a wartości indukcyjności cewek nie są opisane na ich obudowach. Stąd konieczność zmierzenia częstotliwości podziału. Sam pomiar można przeprowadzić w bardzo prosty sposób. Wystarczy do zacisków głośnika niskotonowego podłączyć woltomierz napięcia zmiennego. Powinien to być woltomierz pracujący w paśmie do ok. 2 kHz. Następnie z generatora sygnałowego do wejścia wzmacniacza doprowadza się sygnał o stałej amplitudzie i częstotliwości zmienianej w zakresie od 100 Hz do 2 kHz i mierzy napięcie na zaciskach głośnika. Moc wyjściowa wzmacniacza nie musi być duża z powodzeniem wystarczy ok. 5÷10 W. Dla częstotliwości granicznej napięcie na zaciskach głośnika niskotonowego spadnie o 3 dB w stosunku do napięcia dla niższych częstotliwości. Wartość spadku o 3 dB oznacza zmniejszenie się napięcia do 0,707 wartości dla niższych częstotliwości.

Powyższy pomiar koniecznie musi być wykonywany dla kolumny zamkniętej, gdyż obudowa ma wpływ na przebieg impedancji głośnika niskotonowego, a tym samym wpływa na wynik pomiaru. Zatem postępowanie jest następujące. Należy wymontować głośnik niskotonowy i przylutować do jego zacisków dwa przewody, które wyprowadza się z obudowy przez otwór rezonansowy (bass-reflex). Następnie głośnik niskotonowy montuje się z powrotem.

Po zapisaniu częstotliwości podziału można wymontować niepotrzebne elementy filtrów ze zwrotnicy. Będą to filtr dolnoprzepustowy głośnika niskotonowego L1, C1, i filtr górnoprzepustowy głośnika średniotonowego C2, L2. W miejsce kondensatora C2 należy wlutować zworę. Sam głośnik niskotonowy odłącza się od zwrotnicy a jego zaciski wyprowadza się na zewnątrz za pośrednictwem grubych przewodów. Nie wolno pomylić biegunowości głośników.

Na rysunku 5 przedstawiono schemat filtrów pasmowych. Na wejściu układu znajduje się wtórnik napięciowy US1A zapewniający dużą impedancję wejściową, niezbędną przy podłączeniu układu do wyjścia z potencjometru regulacji głośności. Z drugiej strony wtórnik zapewnia niską impedancję wyjściową konieczną do prawidłowej pracy filtrów pasmowych US2A i US2B. Pierwszy z nich to filtr dolnoprzepustowy o charakterystyce i nachyleniu spadku 12 dB/okt. Zastosowanie filtru Bessela zapewnia liniowe i łagodne opadanie charakterystyki fazowej co jest bardzo ważne w układach akustycznych. Nachylenie charakterystyki amplitudowej jest takie samo jak w większości zwrotnic głośnikowych. Wartość częstotliwości granicznej zależy od wartości elementów RxL (RxP) i CxL (CxP). Z wyjścia filtru WY NL (WY NP) sygnał doprowadzany jest bezpośrednio do wzmacniacza mocy zasilającego głośnik niskotonowy.

Drugi filtr US2B jest filtrem górnoprzepustowym o takich samych parametrach jak poprzednio. Częstotliwość graniczna tego filtru powinna być dokładnie taka sama jak filtru dolnoprzepustowego. W takim przypadku wypadkowa charakterystyka obu filtrów jest płaska i żadne częstotliwości nie podlegają stłumieniu. Częstotliwość graniczna filtru zależy od wartości elementów CyL (CyP) i RyL (RyP).

Podobnie jak poprzednio z wyjścia filtru WY SWL (WY SWP) sygnał doprowadzany jest bezpośrednio do drugiego wzmacniacza mocy zasilającego głośniki średnio- i wysokotonowe.

Wartości elementów dla poszczególnych filtrów można obliczyć w oparciu o poniższe wzory:

$$Rx\,[k\Omega] = \frac{1000}{7{,}988 \cdot Cx\,[\mu F] \cdot f_g\,[Hz]}$$

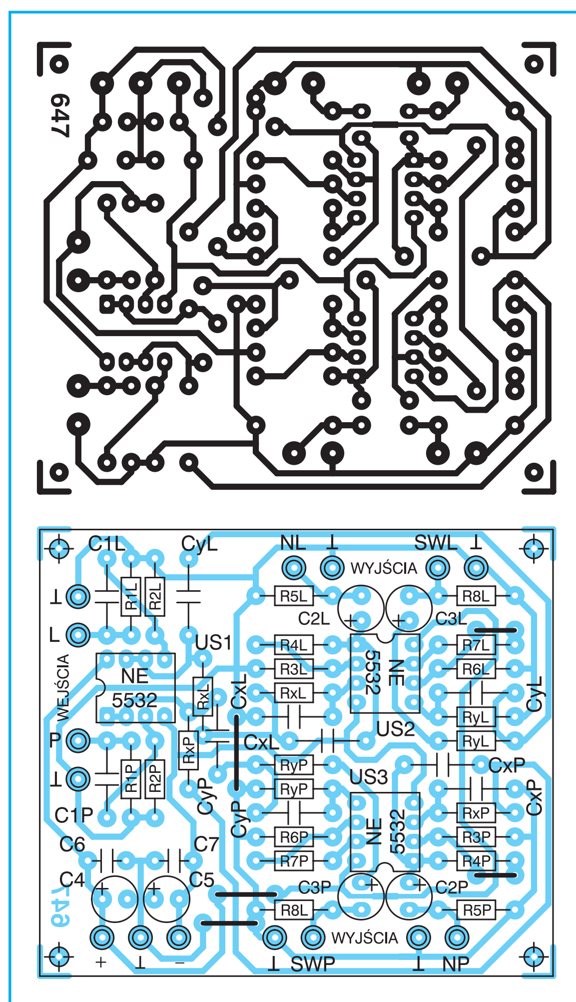
$$Ry\,[k\Omega] = \frac{1000}{4{,}937 \cdot Cy\,[\mu F] \cdot f_g\,[Hz]}$$

gdzie:
f_g – zmierzona częstotliwość podziału;
Cx, Rx – wartości elementów filtru dolnoprzepustowego;
Cy, Ry – wartości elementów filtru górnoprzepustowego.

Podczas obliczeń najwygodniej jest przyjąć występującą w szeregu wartość kondensatora i dla danej częstotliwości obliczyć wartość rezystora. Obliczona wartość najprawdopodobniej będzie odbiegała od typowej wartości z szeregu 5%. W takim przypadku należy zastosować dwa rezystory połączone szeregowo lub równolegle aby zbliżyć się maksymalnie do wartości obliczonej. Z praktycznego punktu widzenia wygodnie jest stosować te same wartości kondensatorów w obu filtrach. Przy takim podejściu wartości rezystorów będą różniły się o ok. 40%. Należy pamiętać aby stosować rezystory o wartościach z przedziału 1÷100 kΩ.

Stosowane w układzie kondensatory koniecznie muszą mieć tolerancję wykonania 5%. Wskazana była by jeszcze lepsza, lecz kondensatory 2% są trudno dostępne. Można też zmierzyć wartość pojemności posiadanych kondensatorów. W układzie należy stosować kondensatory typu MKSE lub MKT.

Dla ułatwienia w Tabeli 1 przedstawiono wartości elementów filtrów dla kilku różnych częstotliwości podziału. Przyjmując założenie, że wartości Cx i Cy są takie same.



Rys. 6 Płytka drukowana i rozmieszczenie elementów

Tabela 1
Wartości elementów dla wybranych częstotliwości podziału

f_g [Hz]	Cx=Cy [μF]	Rx [kΩ]	Ry [kΩ]
150	0,1	8,35	13,5
200	0,1	6,26	10,13
300	0,1	4,17	6,75
400	0,1	3,13	5,06
500	0,1	2,5	4,05
600	0,047	4,44	7,18
700	0,047	3,81	7,18
800	0,047	3,33	5,39
900	0,033	4,22	6,82
1000	0,033	3,79	6,14
1100	0,033	3,45	5,58

Wygląd płytki drukowanej filtrów i rozmieszczenie elementów przedstawiono na rysunku 6. Sam montaż nie sprawia tu żadnych kłopotów. Elementy dla kanału prawego oznaczone są literą P i mają takie same wartości jak elementy dla kanału lewego uwidocznionego na schemacie ideowym.

Po przerobieniu zwrotnicy w kolumnie głośnikowej pozostaje zamontowanie filtrów do wzmacniacza mocy, zgodnie ze schematem z rysunku 7. Drugi wzmacniacz, przeznaczony do zasilania głośników niskotonowych może być wykonany we własnym zakresie. Wystarczy tu sama końcówka mocy. Przy okazji można podnieść moc swojego zestawu budując wzmacniacz o mocy dwukrotnie większej niż wzmacniacz który będzie zasilał głośniki średnio- i wysokotonowe.

Sygnał do płytki filtrów doprowadza się z potencjometru regulacji wzmocnienia lub balansu, w zależności od tego, który z nich jest ostatni przed wzmacniaczem mocy.

Rys. 7 Schemat podłączenia płytki filtrów do wzmacniacza

Do zasilania układu filtrów można wykorzystać wewnętrzny zasilacz wzmacniacza, gdyż same filtry pobierają niewielki prąd nie przekraczający 15 mA. Napięcie zasilania może zawierać się w granicach ±12÷15 V.

Gdy wszystko jest gotowe można przystąpić do prób odsłuchowych i sprawdzić czy trud opłacał się. Układ filtrów można także wykorzystać do zasilania subwoofera. W takim przypadku można wykorzystać tylko filtr dolnoprzepustowy.

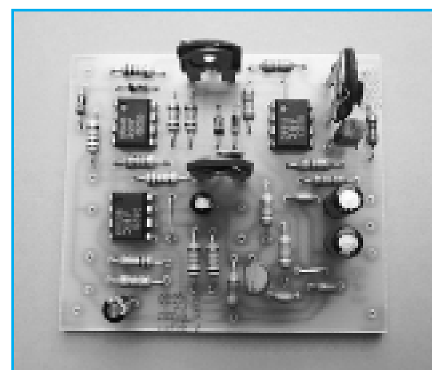
Wykaz elementów:	
Półprzewodniki	
US1÷US3	– NE 5532 (4558)
Rezystory	
R4L, R4P, R7L, R7P	– 15 kΩ/0,125 W
R3L, R3P, R6L, R6P	– 56 kΩ/0,125 W
R1L, R1P, R2L, R2P, R5L, R5P, R8L, R8P	– 100 kΩ/0,125 W
RxL, RxP	– patrz opis w tekście
RyL, RyP	– patrz opis w tekście
Kondensatory	
C6, C7	– 47 nF/50 V ceramiczne
C1L, C1P	– 470 nF/63 V MKSE-20
C2L, C2P, C3L, C3P	– 10 μF/25 V
C4, C5	– 47 μF/25 V
CxL, CxP	– patrz opis w tekście
C1L, C1P	– 470 nF/63 V MKSE-20
C2L, C2P, C3L, C3P	– 10 μF/25 V
C4, C5	– 47 μF/25 V
CxL, CxP	– patrz opis w tekście
CyL, CyP	– patrz opis w tekście
płytka drukowana numer 647	

Płytki drukowane wysyłane są za zaliczeniem pocztowym. Płytki można zamawiać w redakcji PE.

Cena: płytka numer 647 – 5,80 zł + koszty wysyłki (11 zł).

◊ *Tomasz Bogdański*

Lampowe brzmienie tranzystorowego wzmacniacza mocy



Historia rozwoju wzmacniaczy tranzystorowych jest pełna bólu. Przez kilkanaście ładnych lat wielu ludzi przyzwyczaiło się do brzmienia wzmacniaczy mocy budowanych na lampach. Po pojawieniu się tranzystorów przyszedł czas na „stranzystorowanie" końcówek mocy. Dość szybko okazało się, że wzmacniacze tranzystorowe brzmią zupełnie inaczej choć charakteryzują się mniejszymi zniekształceniami nieliniowymi i szerszym pasmem. Przez lata trwał bój o to, które z wzmacniaczy są lepsze. Cała historia powtórzyła się wprowadzeniu płyt CD. Znalazło się grono zwolenników płyty winylowej, którzy twierdzą, że czarna płyta była lepsza. Głosy te jednak powoli giną, gdyż coraz mniej jest osób które pamiętają stare brzmienie odchodzące powoli do lamusa. Artykuł przedstawia ciekawe urządzenie pozwalające w jakimś stopniu symulować brzmienie wzmacniacza lampowego.

Wzmacniacze lampowe niepodzielnie królowały na rynku przez kilkadziesiąt lat. Tranzystory w pierwszych latach swojego istnienia nie były w stanie wyprzeć lamp ze wzmacniaczy o większych mocach. Z opowiadań znam konstrukcje mieszane, w których przedwzmacniacz zbudowany był na tranzystorach a końcówka mocy na lampach. Pojawienie się tranzystorów mocy dość szybko zakończyło erę lamp. Przyczyną szybkiego wycofania z produkcji wzmacniaczy lampowych był ich wysoki koszt.

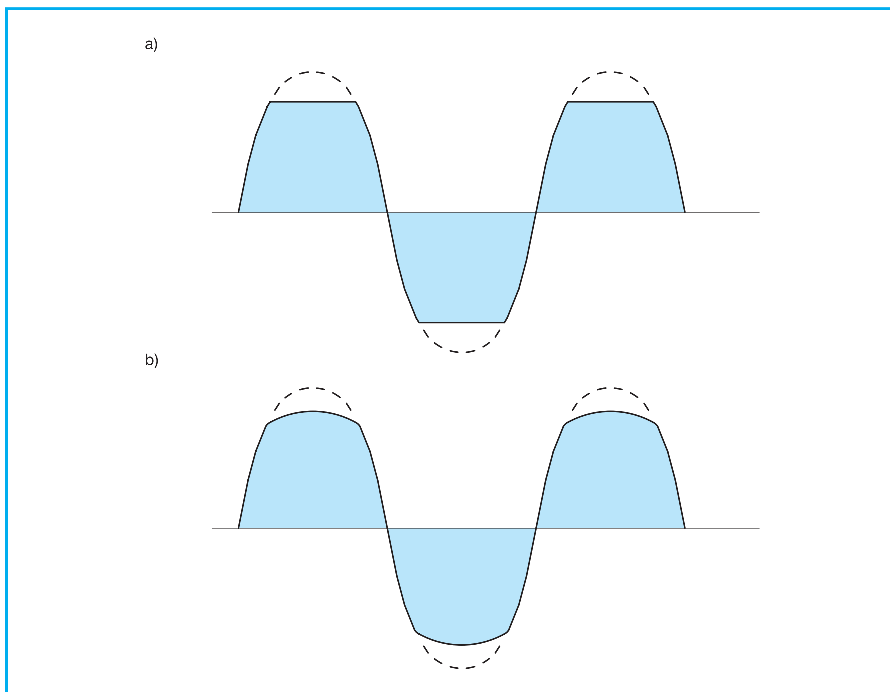
Każdy wzmacniacz lampowy posiada transformator głośnikowy dopasowujący dużą rezystancję wyjściową lampy końcowej do małej impedancji głośnika. Transformator głośnikowy jest bardzo skomplikowany, gdyż składa się z wielu sekcji. Budowa wielosekcyjna ma na celu zminimalizowanie pojemności wewnętrznych i poszerzenie pasma pracy. Taki przekładaniec jest jednak bardzo kłopotliwy w produkcji a co za tym idzie jego cena jest wysoka.

Kolejnym mankamentem wzmacniaczy lampowych było wygrzewanie lamp, trwające nawet 60 sekund. Dopiero po nagrzaniu wzmacniacz był gotowy do pracy. W niektórych konstrukcjach włączanie wzmacniacza było dwustopniowe. W pierwszej chwili włączało się żarzenie lamp, a dopiero po ich nagrzaniu można było włączyć wysokie napięcie anodowe. Takie rozwiązanie zabezpieczało lampy przed pracą na zimno, przy której silne pole elektryczne powodowało wyrywanie elektronów z nie rozgrzanej katody przyspieszając jej zużycie.

Lampy niejako z założenia mają ograniczoną żywotność. Po określonej liczbie godzin pracy katoda ulega „wypaleniu" czyli ograniczona zostaje emisja elektronów. Nie pozostaje wtedy nic innego tylko wymiana lampy. Było to kłopotliwe i kosztowne.

Oprócz tych aspektów ekonomiczno-konstrukcyjnych wzmacniacze lampowe miały szereg innych wad. Zmorą wszystkich wzmacniaczy lampowych był przydźwięk sieci. Buczenie dobywające się z głośników było mało zauważalne w sprzęcie powszechnego użytku z uwagi na prozaiczny fakt, że w tych czasach większość głośników nie przenosiła dobrze częstotliwości poniżej 200 Hz. Jednakże w estradowych systemach nagłaśniających efekt ten dawał się już we znaki. Oczywiście były konstrukcje z minimalnym przydźwiękiem.

Wzmacniacze lampowe także miały problemy z przenoszeniem górnych częstotliwości pasma akustycznego. Przyczyną był tu transformator głośnikowy, który ze względu na swoje pojem-



Rys. 1 Ograniczanie szczytów przebiegów przez wzmacniacz: a) tranzystorowy, b) lampowy

ności rozproszone ograniczał pasmo.

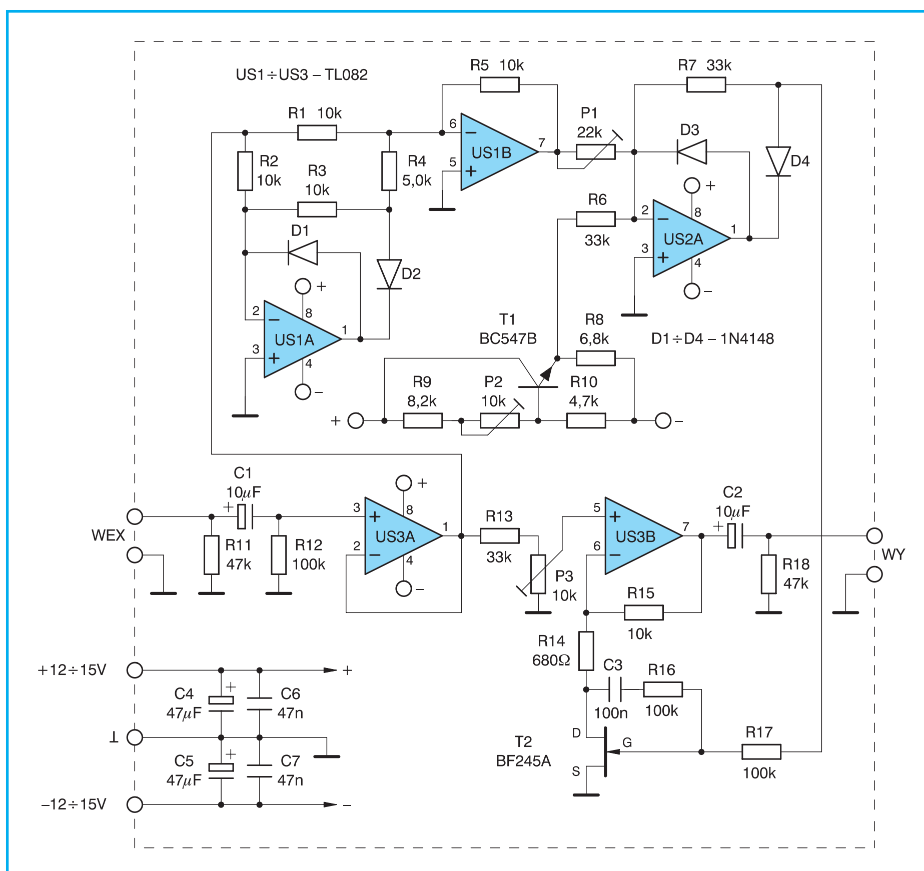
I jeszcze jeden istotny mankament to stosunkowo duże zniekształcenia nieliniowe wynikające z zastosowania w układzie silnie nieliniowego elementu jakim był transformator głośnikowy. Mimo obejmowania go pętlą sprzężenia zwrotnego efekt zniekształceń poniżej 1% osiągało naprawdę niewiele konstrukcji z tamtych lat.

Pojawia się zatem pytanie co zadecydowało o popularności wzmacniaczy lampowych, które jak się okazuje miały wiele wad. Myślę, że główną przyczyną była duża niedoskonałość pierwszych wzmacniaczy tranzystorowych. Mimo doskonalenia konstrukcji tych ostatnich problem wyższości lamp pozostał do dziś. Zwolennicy wzmacniaczy lampowych podkreślają ich przyjemne „ciepłe" i „głębokie" brzmienie nieosiągalne we wzmacniaczach tranzystorowych, które ich zdaniem mają dźwięk „metaliczny" i „zimny".

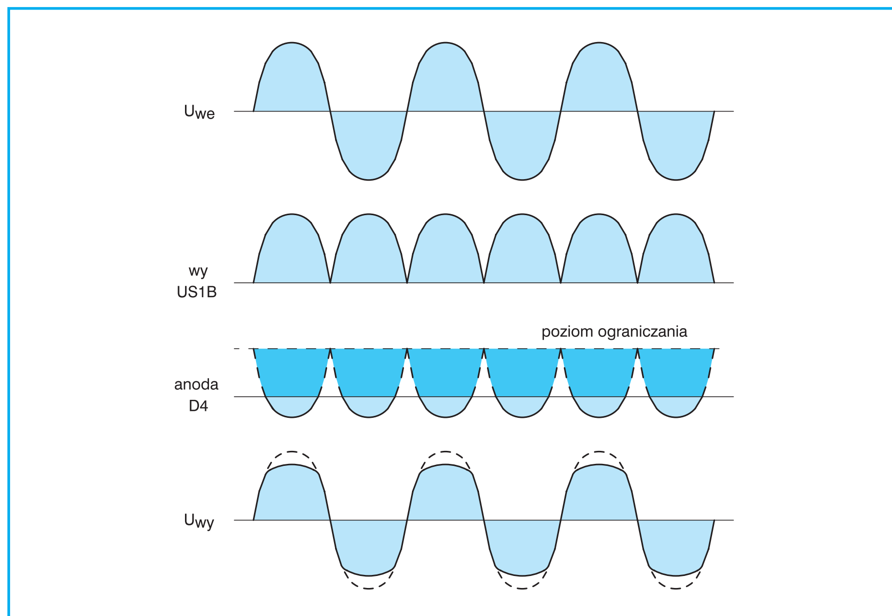
Przez lata próbowano analitycznie rozgryźć fenomen wzmacniaczy lampowych. Swego czasu pojawiła się moda na zniekształcenia intermodulacyjne w stanach nieustalonych TIM. W dość dużym poziomie zniekształceń TIM upatrywano wad wzmacniaczy tranzystorowych. Moda ta jednak minęła. Dziś coraz mniej osób pamięta brzmienie wzmacniaczy lampowych i problem powoli odchodzi do lamusa historii rozwoju elektroniki. Z drugiej strony silnie rozwija się rynek ekskluzywnych wzmacniaczy lampowych, których ceny są iście astronomiczne.

Istnieje jednak pewna cecha wzmacniaczy lampowych, która sprawia, że ich walory są niepodważalne. Tą cechą jest łagodne nasycanie się wzmacniacza przy przesterowaniach. Dynamika sygnałów akustycznych w ogóle, a zwłaszcza tych które pochodzą z płyt CD nagranych współcześnie, jest bardzo duża. Powoduje to, że wartość średnia sygnału akustycznego jest dużo mniejsza od wartości chwilowej. Można z powodzeniem powiedzieć, że podczas stosunkowo cichego odsłuchu muzyki moc średnia wynosi 2 W. W najgłośniejszych zaś fragmentach wymagana jest moc rzędu kilkudziesięciu watów (bliżej stu niż dwudziestu watów).

Taka właściwość sygnałów muzycznych sprawia przed wzmacniaczem niesłychanie trudne zadanie. Okazuje się bowiem, że dla średnich głośności odsłuchu wymagany jest wzmacniacz o maksymalnej mocy wyjściowej osiągającej 100 W lub nawet więcej. Jeżeli wzmacniacz nie jest w stanie dostarczyć tak dużej mocy wyjściowej nastę-



Rys. 2 Schemat układu ogranicznika dynamiki



Rys. 3 Przebiegi w punktach układu

puje ograniczanie szczytów przebiegów (rys. 1). Zjawisko to występuje podczas słuchania muzyki dość często. Okazuje się jednak, że ograniczanie szczytów przebiegów wygląda zupełnie inaczej w przypadku wzmacniaczy tranzystorowych (rys. 1a) i lampowych (rys. 1b).

We wzmacniaczu tranzystorowym sygnał nie ulega żadnej deformacji pod warunkiem, że jest mniejszy od pewnej maksymalnej wartości. Po jej przekroczeniu ulega on drastycznemu odcięciu, co pokazano na rysunku 1a. Takie zniekształcenie przebiegu powoduje powstawanie olbrzymiej liczby harmonicznych i bardzo silnie wpływa na brzmienie. Ten efekt można przyrównać do gitarowego fuzza, który także ogranicza amplitudę przebiegu. Powoduje to powstanie zamierzonego w tym wypadku, ostrego i „metalicznego" brzmienia gitary. Podobnie jest we wzmacniaczu, który podczas przesterowania zamienia się w układ fuzz. Stąd pochodzi zarzucane przez zwolenników wzmacniaczy lampowych „metaliczne" brzmienie wzmacniaczy tranzystorowych.

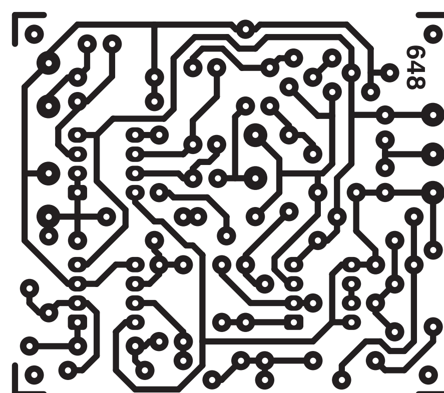
Takie zjawisko nie występuje we wzmacniaczach lampowych. Dzieje się tak na skutek odmiennych od tranzystorowych charakterystyk lamp. Drugą przyczyną jest nasycanie się transformatora głośnikowego. Obie te właściwości powodują łagodne zaokrąglenie wzmacnianego przebiegu (rys. 1b). Na rysunku 1 w obu przypadkach linią przerywaną zaznaczono kształt przebiegu jaki występowałby na wyjściu wzmacniacza przy braku przesterowania.

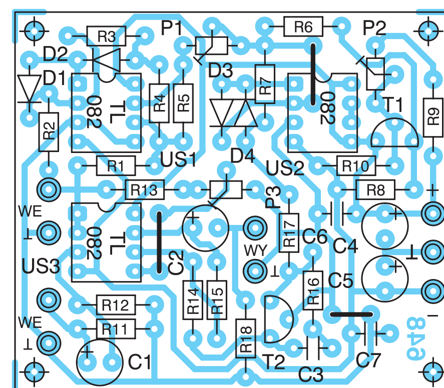
Zatem chcąc osiągnąć podobny kształt przebiegu wyjściowego wzmacniacza tranzystorowego w warunkach przesterowania należy wyposażyć go w układ powodujący płynne ograniczanie przebiegu – kompresję. Schemat takiego układu przedstawiono na rysunku 2.

Aby układ mógł wykrywać przesterowania niezbędne jest wyprostowanie sygnału. Konieczne jest prostowanie pełnookresowe, gdyż sygnały akustyczne z założenia nie są symetryczne. Dlatego też za wtórnikiem napięciowym US3A jaki znajduje się na wejściu umieszczono prostownik pełnookresowy US1A i US1B. Jest to prosty układ prostownika wymagający jednak dokładnych wartości rezystorów o tolerancji wykonania 1%. W prostowniku występują jedynie dwie wartości rezystancji, przy czym jeden rezystor R4 ma wartość dwukrotnie mniejszą od pozostałych. Najprościej jest tu zastosować dwa równolegle połączone rezystory 10 kΩ. Na wyjściu prostownika (nóżka 7 US1B) otrzymuje się przebieg wyprostowany (rys. 3).

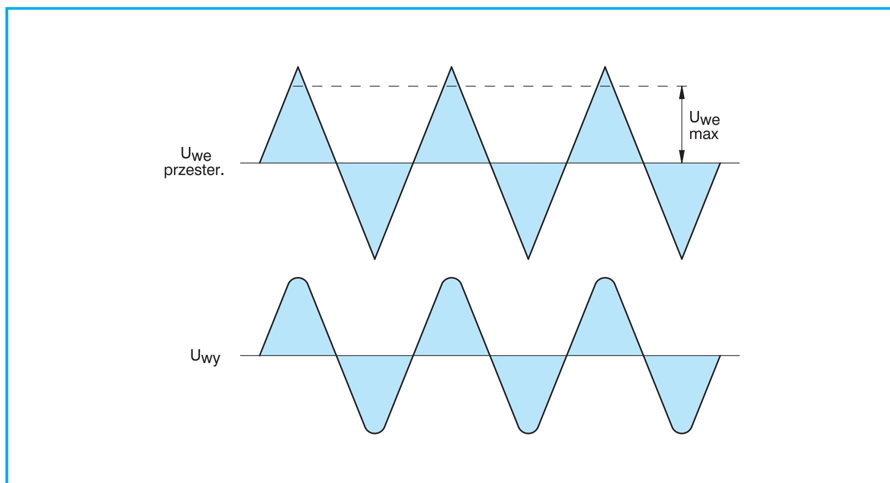
Kolejnym elementem ogranicznika jest układ przesuwania poziomu, którego zadaniem jest precyzyjne określenie amplitudy sygnału wejściowego przy której następuje przesterowania. Ten blok zrealizowano jako sumator połączony z prostownikiem półokresowym na układzie US2A. Z jednej strony wyprostowany sygnał doprowadzany jest do prostownika przez potencjometr P1. Prostownik powoduje tylko odwracanie fazy sygnału wejściowego, tak więc na jego wyjściu pojawiają się ujemne połówki przebiegu. Oprócz tego do wejścia odwracającego wzmacniacza US2A doprowadzono ujemne względem masy napięcie stałe przez rezystor R6. Pochodzi ono z dzielnika R9, P2, R10 i układu wtórnika emiterowego T1. Wartość napięcia można regulować potencjometrem P2. Dodanie do przebiegu wyprostowanego stałego napięcia powoduje przesuwanie jego składowej stałej i w konsekwencji wycinanie fragmentów przebiegu o mniejszej amplitudzie.

Sygnał na wyjściu układu przesuwnika (nóżka 1 US2A) zawiera tylko szczyty sygnału, który dociera na wejście układu ogranicznika. Pokazano to na rysunku 3. Część w kolorze jasnoniebieskim to sygnał wyjściowy prze-





Rys. 4 Płytka drukowana i rozmieszczenie elementów



Rys. 5 Przebiegi na wejściu i wyjściu układu ogranicznika podczas regulacji

suwnika, zaś część w kolorze ciemnoniebieskim to sygnał obcięty. Dzięki temu rozwiązaniu osiągnięto wyselekcjonowanie z przebiegu wejściowego tylko tych fragmentów sygnału, których amplituda przekracza ściśle określony poziom, przy którym następuje przesterowanie. Należy podkreślić, że sygnał wyjściowy z przesuwnika otrzymywany jest w czasie rzeczywistym, czyli sygnał ograniczenia pojawi się nawet przy jednorazowym, chwilowym impulsie jednej tylko połówki przebiegu.

Sygnał przesterowania z wyjścia układu przesuwnika poziomu doprowadzony został do układu wzmacniacza o regulowanym wzmocnieniu US3B. Do wejścia tego wzmacniacza doprowadzono sygnał pochodzący z wtórnika wejściowego US3A. Podlega on zmniejszeniu amplitudy za pośrednictwem dzielnika napięciowego R13, P3. Potencjometr P3 służy do takiego stłumienia amplitudy, aby cały układ ogranicznika posiadał wzmocnienie jednostkowe 1 V/V dla przebiegów o małej amplitudzie.

W układzie wzmacniacza o regulowanym wzmocnieniu zastosowano tranzystor polowy T2, który pracuje jako regulowany napięciem zmienny rezystor. Przy napięciach bramki bliskich 0 V tranzystor T2 przedstawia sobą niewielką rezystancję rzędu kilkudziesięciu omów. Wtedy wzmocnienie wzmacniacza US3B określone jest wartością stosunku rezystorów R15 do R14.

Gdy do bramki T2 doprowadzi się sygnał ujemny rezystancja kanału zaczyna rosnąć i wypadkowe wzmocnienie US3B będzie malało. W ten prosty sposób uzyska się dynamiczne zmniejszanie amplitudy sygnału wyjściowego (rys. 3).

Czyli układ nie prowadza żadnych zmian dla przebiegów o wartości amplitudy poniżej pewnego progu i zaczyna płynnie ograniczać amplitudę sygnałów które przekroczyły pewien poziom.

Montaż i uruchomienie

Układzik mieści się na niewielkiej płytce drukowanej. Montaż elementów jest prosty i nie ma tu żadnych szczególnych zaleceń.

Po wykonaniu wszystkich niezbędnych połączeń można przystąpić do regulacji. Na wejście wzmacniacza doprowadza się sygnał trójkątny o niewielkiej amplitudzie (1 V_{pp}) i częstotliwości ok. 1 kHz. Sygnał ten nie może powodować przesterowania stopni wejściowych wzmacniacza co można sprawdzić oscyloskopem, mierząc napięcie na wejściu układu ogranicznika.

Następnie przy pomocy potencjometru regulacji wzmocnienia należy ustawić głośność na takim poziomie, aby na wejściu układu ogranicznika amplituda przebiegu nie przekraczała wartości 0,1 V_{pp}. Należy też sprawdzić czy na wyjściu przesuwnika poziomu nie występują ujemne trójkątne ząbki. W przypadku ich występowania należy zmienić ustawienie potencjometrów P1 i P2 na maksymalną rezystancję, tak aby te ząbki wyeliminować. Przy pomocy potencjometru P3 ustawia się wypadkowe wzmocnienie ogranicznika tak aby amplituda sygnału na jego wejściu była identyczna z amplitudą sygnału na wyjściu układu.

Po tej regulacji należy zwiększyć amplitudę sygnału przy pomocy potencjometru głośności we wzmacniaczu tak aby doprowadzić do niewielkiego obcinania przebiegu na wyjściu wzmacniacza mocy. Obcinanie powinno osiągnąć wartość ok. 10% amplitudy (rys. 5). Teraz pozostaje dobranie takiego ustawienia potencjometrów P1 i P2 aby na wyjściu wzmacniacza mocy otrzymać przebieg trójkątny bez obcinania, z zaokrąglonym czubkiem przebiegu trójkątnego (rys. 5). Czynności te wymagają pewnej cierpliwości. Zbytnie przekompensowanie układu doprowadzi do pojawienia się opadającego ząbka w szczytowej części przebiegu trójkątnego.

Wykaz elementów:

Półprzewodniki	
US1÷US3	– TL082
T1	– BC547B
T2	– BF245A
D1÷D4	– 1N4148
Rezystory	
R14	– 680 Ω/0,125 W
R10	– 4,7 kΩ/0,125 W
R4	– 5,0 kΩ/0,125 W/1%
R8	– 6,8 kΩ/0,125 W
R9	– 8,2 kΩ/0,125 W
R1÷R3, R5	– 10 kΩ/0,125 W/1%
R15	– 10 kΩ/0,125 W
R6, R7	– 33 kΩ/0,125 W
R11, R18	– 47 kΩ/0,125 W
R12, R16, R17	– 100 kΩ/0,125 W
P2, P3	– 10 kΩ TVP 1232
P1	– 22 kΩ TVP 1232
Kondensatory	
C6, C7	– 47 nF/50 V ceramiczny
C3	– 100 nF/50 V ceramiczny
C1, C2	– 10 μF/25 V
C4, C5	– 47 μF/25 V
płytka drukowana numer 648	

Płytki drukowane wysyłane są za zaliczeniem pocztowym. Płytki można zamawiać w redakcji PE.
Cena: płytka numer 648 – 3,80 zł + koszty wysyłki (11 zł).

Ryszard Kolasiński

Kupon zamówień na płytki drukowane

Zostawić margines dla faxu   Zostawić margines dla faxu

Imię   Nazwisko

ul./os.   Ulica (miejscowość, wieś)   Numer domu / posesji

Kod pocztowy   Poczta (miejscowość)

Wszystkie dane personalne wpisać literami drukowanymi

Wytnij i naklej na kartę pocztową (wysyłka karty pocztowej kosztuje mniej niż wysyłka listu, a nam ułatwia pracę).

Płytki

Numer   Ilość

szt.
szt.
szt.
szt.
szt.
szt.
szt.
szt.
szt.
szt.

Czasopisma

Numer/rocznik   Ilość

/ szt.
/ szt.
/ szt.
/ szt.
/ szt.
/ szt.

Kserokopie

Numer płytki

W przypadku zamawiania kserokopii artykułów prosimy o podanie numeru płytki drukowanej zamieszczonej w tym artykule. Jeżeli w artykule występują dwie płytki należy podać tylko numer jednej z nich.
W rubryce UWAGI można wpisywać:
- nazwy programów, zamawianych układów,
- oznaczenia obudów, folii, elementów, itp.

Uwagi:..

Wykaz dostępnych numerów archiwalnych:

1992	
3	4,00 zł
1995	
8	4,00 zł
1996	
4, 7÷9, 12	4,00 zł
1997	
1÷11	5,00 zł
1999	
3, 5, 9	5,80 zł
2000	
2 ,3 ,7 ,10÷12	5,80 zł
2001	
1÷4, 7÷8	5,80 zł
9-10, 11-12	8,70 zł
2002	
1÷4	6,20 zł

Ten kupon można wyciąć i wysłać faksem: fax (całą dobę (068) 451-02-70)

Katalog Praktycznego Elektronika
Transformatory sieciowe cz. 12

Transformatory sieciowe toroidalne TST

Typ	Napięcie pierwotne	Napięcie wtórne pod obciążeniem	Prąd uzwojenia wtórnego
	[V]	[V]	[A]
TST 10/001	220	11	0,6
TST 10/002	220	10 10 11	0,15 0,15 0,6
TST 10/003	220	11 18 18	0,6 0,15 015
TST 10/004	17	9	0,8
TST 10/005	24	5	1,0
TST 20/001	220	8	2,50
TST 20/002	220	2x2,8	2x1,25
TST 20/003	220	12	1,67
TST 20/004	220	2x12	2x0,83
TST 20/005	220	14	1,42
TST 20/006	220	2x14	2x0,71
TST 20/007	220	17	1,17
TST 20/008	220	2x17	2x,058
TST 20/009	220	19	1,05
TST 20/010	220	2x19	2x0.52
TST 20/011	220	21	0,95
TST 20/012	220	2x21	2x0,47
TST 20/013	220	24	0,83
TST 20/014	220	2x24	2x0,41
TST 20/015	220	28	0,71
TST 20/016	220	2x28	2x0,35
TST 20/017	220	30	0,66
TST 20/018	220	2x30	2x0,33
TST 20/019	220	20	1,0
TST 20/020	380	18,5	1,08
TST 20/021	380	18	1,11
TST 20/023	220	18,5	1,0
TST 35/001	220	12	2,9
TST 35/002	220	2x12	2x1,45
TST 35/003	220	24	1,45
TST 35/004	220	2x24	2x0,72
TST 35/005	220	24	1,5
TST 40/001	220	8	5,00
TST 40/002	220	2x8	2x2,50
TST 40/003	220	12	3,33
TST 40/004	220	2x12	2x1,67
TST 40/005	220	14	2,85
TST 40/006	220	2x14	2x1,42
TST 40/007	220	17	2,35
TST 40/008	220	2x17	2x1,17
TST 40/009	220	19	2,10
TST 40/010	220	2x19	2x1,05
TST 40/011	220	21	1,90
TST 40/012	220	2x21	2x0,95
TST 40/013	220	24	1,67
TST 40/014	220	2x24	2x0,83
TST 40/015	220	28	1,42
TST 40/016	220	2x28	2x0,71
TST 40/017	220	30	1,33
TST 40/018	220	2x30	2x0,67
TST 40/019	220	32	1,25
TST 40/020	220	2x32	2x0,62
TST 40/021	220	35	1,14
TST 40/022	220	2x35	2x0,57
TST 40/023	220	6	6,6
TST 40/024	220	2x6	2x3,3
TST 50/001	220	8	6,25
TST 50/002	220	2,8	2x3,12
TST 50/003	220	12	4,1
TST 50/004	220	2x12	2x2,05
TST 50/005	220	14	3,57
TST 50/006	220	2x14	2x1,78
TST 50/007	220	17	2,94
TST 50/008	220	2x17	2x1,47
TST 50/009	220	19	2,63
TST 50/010	220	2x19	2x1,31
TST 50/011	220	21	2,38
TST 50/012	220	2x21	2x1,19
TST 50/013	220	24	2,08
TST 50/014	220	2x24	2x1,04
TST 50/015	220	28	1,78
TST 50/016	220	2x28	2x0,89
TST 50/017	220	30	1,67
TST 50/018	220	2x30	2x0,83
TST 50/019	220	32	1,56
TST 50/020	220	2x32	2x0,78
TST 50/021	220	35	1,42
TST 50/022	220	2x35	2x0,71
TST 50/023	220	40	1,25
TST 50/024	220	2x40	2x0,62
TST 50/025	220	55	0,91
TST 50/026	220	2x55	2x0,45
TST 50/027	220	10	0,45
TST 50/028	220	2x110	2x0,22
TST 50/029	220	2x15	2x1,67
TST 50/030	220	2x14 11,5	2x1,50 0,8
TST 50/031	380	20	2,5
TST 50/032	220	2x12 2x9	
TST 50/033	220	3 24	0,7 2,0

TST 50/034	220	36	1,38
TST 50/035	220	10	5
TST 50/036	220	2x10	2x2,5
TST 50/037	2x110	190 2x8	0,25 2x0,2
TST 50/038	220	24 3	2,08 0,7
TST 50/039	220	2x19	I=0
TST 50/041	220	36 11,5	1,35 0,8
TST 50/042	220	28 11,5	0,8 0,8
TST 50/043	220	10	4,5

TST 60/001	220	12	5,00
TST 60/002	220	2x12	2x2,50
TST 60/003	220	14	4,28
TST 60/004	220	2x14	2x2,14
TST 60/005	220	17	3,53
TST 60/006	220	2x17	2x1,76
TST 60/007	220	19	3,15
TST 60/008	220	2x19	2x1,57
TST 60/009	220	21	2,85
TST 60/010	220	2x21	2x1,42
TST 60/011	220	24	2,50
TST 60/012	220	2x24	2x1,25
TST 60/013	220	28	2,14
TST 60/014	220	2x28	2x1,07
TST 60/015	220	30	2,00
TST 60/016	220	2x30	2x1,00

TST 80/001	220	12	6,66
TST 80/002	220	2x12	2x3,33
TST 80/003	220	24	3,33
TST 80/004	220	2x24	2x1,66
TST 80/005	220	24 24 75	1,5 1,0 0,2

TST 100/001	220	8	12,50
TST 100/002	220	2x8	2x6,25
TST 100/003	220	12	8,33
TST 100/004	220	2x12	2x4,16
TST 100/005	220	14	7,14
TST 100/001	220	8	12,50
TST 100/002	220	2x8	2x6,25
TST 100/003	220	12	8,33
TST 100/004	220	2x12	2x4,16
TST 100/005	220	14	7,14

TST 100/006	220	2x14	2x3,57
TST 100/007	220	17	5,88
TST 100/008	220	2x17	2x2,94
TST 100/009	220	19	5,26
TST 100/010	220	2x19	2x2,63
TST 100/011	220	21	4,76
TST 100/012	220	2x21	2x2,63
TST 100/013	220	24	4,16
TST 100/014	220	2x24	2x2,08

TST 100/015	220	28	3,57
TST 100/016	220	2x28	2x3,57
TST 100/017	220	30	3,33
TST 100/018	220	2x30	2x1,67
TST 100/019	220	32	3,12
TST 100/020	220	2x32	2x1,56
TST 100/021	220	35	2,85
TST 100/022	220	2x35	2x1,42
TST 100/023	220	40	2,50
TST 100/024	220	2x40	2x1,25
TST 100/025	220	55	1,81
TST 100/026	220	2x55	2x0,91
TST 100/027	220	110	0,91
TST 100/028	220	2x110	2x0,45
TST 100/029	220	2x20 15	2x2,0 1,0

TST 100/030	220	24 24 24	1,38 1,38 1,38
TST 100/031	220	10+2 17+7	4,5 3,0
TST 100/032	220	26 13	2,0 2,0
TST 100/033	220	10	10,0
TST 100/034	220	2x10	2x5,0
TST 100/035	220	2x31 2x16	2x1,4 2x0,45
TST 100/036	230 ekran	24	4,2

TST 120/001	220	12	10,0
TST 120/002	220	2x12	1x5,0
TST 120/003	220	24	5,0
TST 120/004	220	2x24	2x2,5

TST 150/001	220	12	12,50
TST 150/002	220	2x12	2x6,25
TST 150/003	220	14	10,71
TST 150/004	220	2x14	2x5,35
TST 150/005	220	17	8,82
TST 150/006	220	2x17	2x4,41
TST 150/007	220	19	7,89
TST 150/008	220	2x19	2x3,94
TST 150/009	220	21	7,14
TST 150/010	220	2x21	2x3,57
TST 150/011	220	24	6,25
TST 150/012	220	2x24	2x3,12
TST 150/013	220	28	5,35
TST 150/014	220	2x28	2x2,67
TST 150/015	220	30	5,00
TST 150/016	220	2x30	2x2,50
TST 150/017	220	32	4,68
TST 150/018	220	2x32	2x2,34
TST 150/019	220	35	4,28
TST 150/020	220	2x35	2x2,14
TST 150/021	220	40	3,75
TST 150/022	220	2x40	2x1,87

GIEŁDA PE

SPRZEDAM

SYMULATOR pamięci EPROM. Symuluje pamięć programu w mikroprocesorowych układach uruchomieniowych. Telefon: 0(prefiks) 68 327-72-68, e-mail: jurek.m@pe.com.pl.

SCHEMATY radioodbiorników, wzmacniaczy mocy m.cz. - retro, wyprowadzenia lamp. Programy na CD-ROM 32 PLN. Schematy detektorów met. dla hobbystów na CD - 25 zł. Telefon 0(prefiks)32 298-90-99

AMIGĘ 1200 - monitor 1084S, karta turbo, HDD CDx6, dodatkowa stacja dyskietek, modem Acorp, joystick, mysz, 25 płyt CD, 75 dyskietek, literatura. Cena 350,00 zł. Zdzisław Zasada, ul. Szczytowa 11/8, 41-608 Świętochłowice.

WYKRYWACZE metali VLF PJ z rozróżnianiem 3 m w ziemi. Kupię kwarc 40,693 MHz Jan Tukałło, ul. Katowicka 36/1, 41-710 Ruda Śląska. tel. 608 167-023.

WYPRZEDAŻ pojedynczych egzemplarzy MT, RE, ZS, HT, EH, PE, EP, AV z lat 70; 80; 90. Tanio!!! Informacja - koperta + znaczek. R. Kujawa, Os. Wiślana 11/9, 08-520 Dęblin, telefon 0(prefiks) 81 883-26-63.

RETRO-ELEKTRONIKA, układy lampowe, tranzystorowe, scalone, specjalne cyfrowe. Porady darmo - znaczek! Telefon 0(prefiks) 12 637-86-12. Poznański, Al. Kijowska 13/10; 30-079 Kraków. Pisz, dzwoń!!!.

PZRETWORNICE napięcia 12 V DC / 220 V AC. Telefon 0(prefiks) 34 357-93-95.

WYKRYWACZE metali - schematy, płytki, książkę - poradnik "Elektrownie Wiatrowe" sprzedam - wymienię. Wykrywacz metali płytka nr 530, pomogę uruchomić i 20% zwiększyć zasięg. Info k+z. Sylwester Królak, ul. Wyki 19/6, 75-337 Koszalin, 0(prefiks) 94 341-28-13.

WYKRYWACZE metalu VLE GARRET wykonam sprzedam. Telefon 0 (prefiks) 25 799-09-89. Wiadomość wieczorem.

RADIOTELEFON Radmor 3011 na pasmo 40 MHz + przetwornica 12/24V=. Telefon 501-172-868 lub 0(prefiks)76 876-59-33 rano.

GOTOWE, do samodzielnego montażu, uniwersalne syntezery częstotliwości i amatorskie radiostacje. Tel. 0-1033-68-326-67-55, e-mail: sp3abg@polbox.com, www.eter.ariadna.pl./sp3abg, www.qsl.net/sp3abg

WYPRZEDAŻ pojedynczych numerów MT, RE, ZS, HT, EH, PE, EP, AV z lat 70, 80, 90. Tanio! Informacje kop. + znaczek. R. Kujawa, Os. Wiślana 11/9, 08-520 DĘBLIN. Tel. 0(prefiks)81 883-26-63

FALOWNIKI tanio sprzedam. J. Krupiński, 58-100 Świdnica, ul. W. Łokietka 31/3, FIA-L 1,5kW. Cena 750 zł. 0(prefiks)74 852-92-57 po 20 lub 602 642-896.

TANIO instr. oscyloskopów DT516A (5100, 5200, 6260, 6650), KR7010 (7202, 7203, 7207, 7401) i inne. E. Ż. ul. Kolista 11/33, 54-149 Wrocław.

BAZĘ: artykuły, porady,... - 0 zł, schematy TV ... - 50 gr./A4#. Zdalne sterowanie do TV - 29zł#. Luźne nr PE, EP,... lub ksero artykułów - 0,50 ÷3zł# Toner do OKI OL4000/800 - 29zł. 0(prefiks)735-17-13.

WYKRYWACZ metali opis PE 8/2000, płytka nr 530, pomogę uruchomić i 20% zwiększyć zasięg. Schematy innych wykrywaczy metali sprzedam - wymienię. Info - gratis, tylko k+z. Sylwester Królak, ul. Wyki 19/6, 75-337 Koszalin, 0(prefiks) 94 341-28-13.

TRANZYSTORY BUT 11A 100% sprawne. Cena zależy od ilości. Telefon 0prefix683601810, kom. 601 836-794.

ZASILACZ komputerowy 200 W - sprawny. Cena 100 zł. Wykrywacze podsłuchów radiowych, zakr. Ok. 2 MHz÷3 GHz. Lokalizują nadaj., tel. kom., kuch. mikrofalowe, piloty. Tel. 0(prefiks)68-454-31-42.

KUPIĘ

KUPIĘ niedrogo używany komputer z przeznaczeniem na serwer/router do niewielkiej sieci. Oferty proszę przesyłać na adres: cube2@2com.pl

DIODY pojemnościowe podwójne BB 104B 2 szt., BB104G szt. Oferty z ceną - W. Skupniewicz, ul. Polna 43, 81-740 Sopot oraz filtr 7x7 - 211 2 szt., Wyłącznik wielopozycyjny MPS-142 - 2 szt..

UKŁAD scalony HT12E - 2 szt. Telefon 606896-877, roblob2001@wp.pl.

PILNIE kupię plany modelarskie śmigłowca Bell UH-1H (HUEY) i wszelkie materiały. Marcin Błaszczykowski, ul. Boh. Monte Cassino 15/10 Sopot, tel. 550-72-

Giełda PE

Kupon zamówienia na płatne ogłoszenie ramkowe w rubryce giełda PE

Zamawiam płatne ogłoszenie ramkowe o wysokości: ....cm, w numerach: ....PE

Numer NIP: ....

Oświadczam, że Nasza firma jest upoważniona do otrzymywania i wystawiania faktur VAT.
Upoważniamy firmę ARTKELE Wydawnictwo Techniczne do wystawiania faktur VAT bez naszego podpisu.

pieczęć firmy z nazwą i adresem

....

Czytelny podpis zamawiającego

Giełda PE

Bezpłatne ogłoszenia drobne wyłącznie dla osób fizycznych

praktyczny Elektronik

Zaznacz rubrykę w której ma zostać zamieszczone ogłoszenie

☐ Sprzedam ☐ Poszukuję
☐ Kupię ☐ Zamienię ☐ Inne

Kupon ważny do
31.06.2002

Kupony prosimy przesyłać w kopercie **z dopiskiem GIEŁDA PE**

07 po 18.00 do 23.00.

POSZUKUJĘ kwarc o częstotliwości 11,648 MHz. Andrzej Matyjas, 25-659 Kielce, ul. Gliniana 1/26. Tel. 0(prefiks) 41 366-26-21.

TANIO radio samochodowe PIONIEER model KEH 8600. Oferta z opisem i ceną. Mariusz Kołacz, ul. Chwałki 46, 27-600 Sandomierz

BATERIĘ słoneczną 12÷15 V. Telefon 502 260-145.

MIKROFONY Neumann, Gefell, Schoeps, RFT, Sennheiser itp. Oraz sprzęt studyjny i wzmacniacze lampowe. Telefon kom. 604 567-236.

DO magnetowidu Sharp-UC779, converter DC-AC "Rdenc 0151 geez" lub moduł z tą częścią, timer B "F 2163 gee". Ewentualnie magnetowid. Mariusz Jamróz tel. 0(prefiks) 15 846-75-96

KUPIĘ ON/OFF Line z CD 8/2000 lub samą płytę z 8/2000. Pilnie. Telefon 0(prefiks) 32645-84-08 po 20-tej.

DOKUMENTACJE wykrywaczy metali VLF, PI, IB, omnitrony i inne z rozróżnianiem. Wymienię, odstąpię. Jan Kuźma, 22-400 Zamość, ul. Reja 9/39, tel. 0(prefiks) 84 639-19-49.

KUPIĘ "Electronics World" nr 3 (z marca) 2000 roku. Może być dobre xero. T. Kowalski, ul. Niecała 13/1, 20-080 Lublin.

LAMPĘ oscyloskopową typ 13E3. Jerzy Sobczyk, 42-200 Częstochowa, ul. Korkowa 9A, tel. 369-71-81.

ZAMIENIĘ

RETRO-ELEKTRONIKA, układy lampowe, tranzystorowe, scalone, specjalne cyfrowe. Porady darmo - znaczek! Telefon 0(prefiks) 12 637-86-12. Poznański, Al. Kijowska 13/10; 30-079 Kraków. Pisz, dzwoń!!!.

DOKUMENTACJE wykrywaczy metali VLF, PI, IB, omnitrony i inne z rozróżnianiem. Wymienię, odstąpię. Jan Kuźma, 22-400 Zamość, ul. Reja 9/39, tel. 0(prefiks) 84 639-19-49.

DOKUMENTACJE wykrywaczy metali: VLF, PI, IB, T/R, i inne - wymienię. Sprzedam nowe lampy do odbior.ników radiowych i TV, μkroA, A, V-, V~, diody 320/A. Kryspin Kasprzak, ul. Wiklinowa 16/10, 21-017 Łęczna.

POSZUKUJĘ

PILNIE poszukuję schematu do oscylografu rosyjskiego, typ OMM-3M. M. Hejna, ul. 11 Listopada 6/8 m. 14, 26-700 Zwoleń, telefon 0(prefiks) 48 676-30-39.

INNE

JEŚLI masz zestaw części radio lub audio: zmontuję, zestroję. Stare krótkofalówki ręczne lub amatorskie - naprawię. Pisz i pytaj. Marek Możejko, Jacowlany 6, 16-124 Sidra.

POSZUKUJĘ osoby znającej C-64 i która zechciałaby się podzielić ze mną swoimi wiadomościami na ten temat. Edward Dyszy, skr. Poczt. 40,
00-967 Warszawa.

ZEZWOLENIA na pracę w UE, Skandynawii, Kanadzie, USA, Australii, Tajlandii, Arabii - na wizę pracowniczą. Stanisław Zając, Os. Na Wzgórzach 43/58, 31-727 Kraków, 0(prefiks) 12 681-45-46.

PŁYTKI drukowane metaliz. cynowanie, maska, opis. Również pojedyncze. Moniak Andrzej, ul. Wąska 17, 32-082 Bolechowice, Tel. 0(prefiks)12 285-34-97, po godzinie 18.

SPRZEDAM części elektroniczne, wykonam płytki drukowane, kupię oscyloskop do 20 MHz. Oferty z ceną - Miłosz Palmowski, ul. Misjonarska 1A, 09-402 P.łock, mail - gfder@poczta.onet.pl

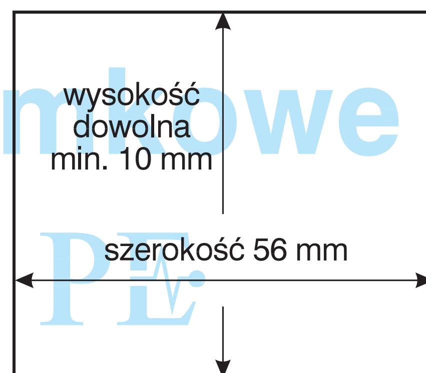
Treść ogłoszenia:

Ogłoszenia ramkowe w Giełdzie PE

....
....
....
....
....

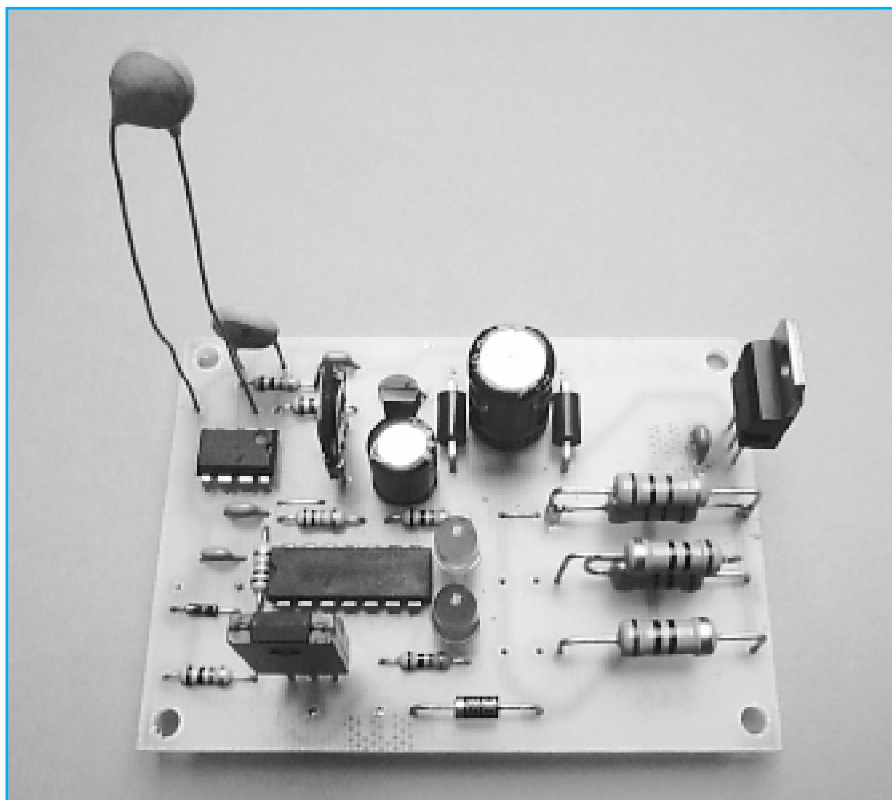
Do zamówienia dołączam:

☐ dyskietkę ☐ rysunek ☐ inne ....
☐ zdjęcie ☐ e-mail ....



Ładowarka uniwersalna NiCd

Propozycja wykonania ładowarki akumulatorów zasadowych (NiCd). Układ zrealizowano na powszechnie dostępnych elementach. Uniwersalność polega na szerokim zakresie napięć wyjściowych, co umożliwia ładowanie od 1 do 10 ogniw akumulatorów NiCd. Ładowanie odbywa się stałym prądem. Automatyczne zakończenie ładowania po przekroczeniu dopuszczalnego przyrostu temperatury ogniwa (baterii).



Schemat i działanie

W układzie ładowarki można wyróżnić kilka członów:
– prostownik zasilacza,
– stabilizator prądu ładowania,
– wyłącznik ładowania,
– komparator temperatury,
– układ logiczny.

Opis schematu ideowego zacznę od komparatora temperatury. Wykorzystuje on komparator US1 (LM 311). W obwodzie wejściowym komparatora znajduje się mostek rezystancyjny składający się z termistorów TE1 i TE2, rezystorów R1, R2 i rezystora nastawnego P1. Mostek zasilany jest stabilizowanym napięciem +12 V dołączonym do suwaka P1. Masa zasilania podłączona jest do punktu połączenia termistorów. Druga przekątna mostka podłączona jest w sposób różnicowy do wejść komparatora US1.

Do równoważenia mostka, a właściwie regulacji temperatury wyłączania ładowania przez zmianę stopnia nie zrównoważenia, przeznaczony jest rezystor nastawny P1. Jeden z termistorów (TE2) znajduje się na płytce ładowarki. Jego rezystancja zależy od temperatury otoczenia. Drugi termistor (TE1) powinien znajdować się w pobliżu ładowanej baterii. Jego rezystancja zależy od temperatury baterii. Uzyskanie przez baterię akumulatorów określonego przyrostu temperatury względem temperatury otoczenia, powoduje zmianę kierunku nie zrównoważenia mostka i zmianę stanu wyjściowego komparatora.

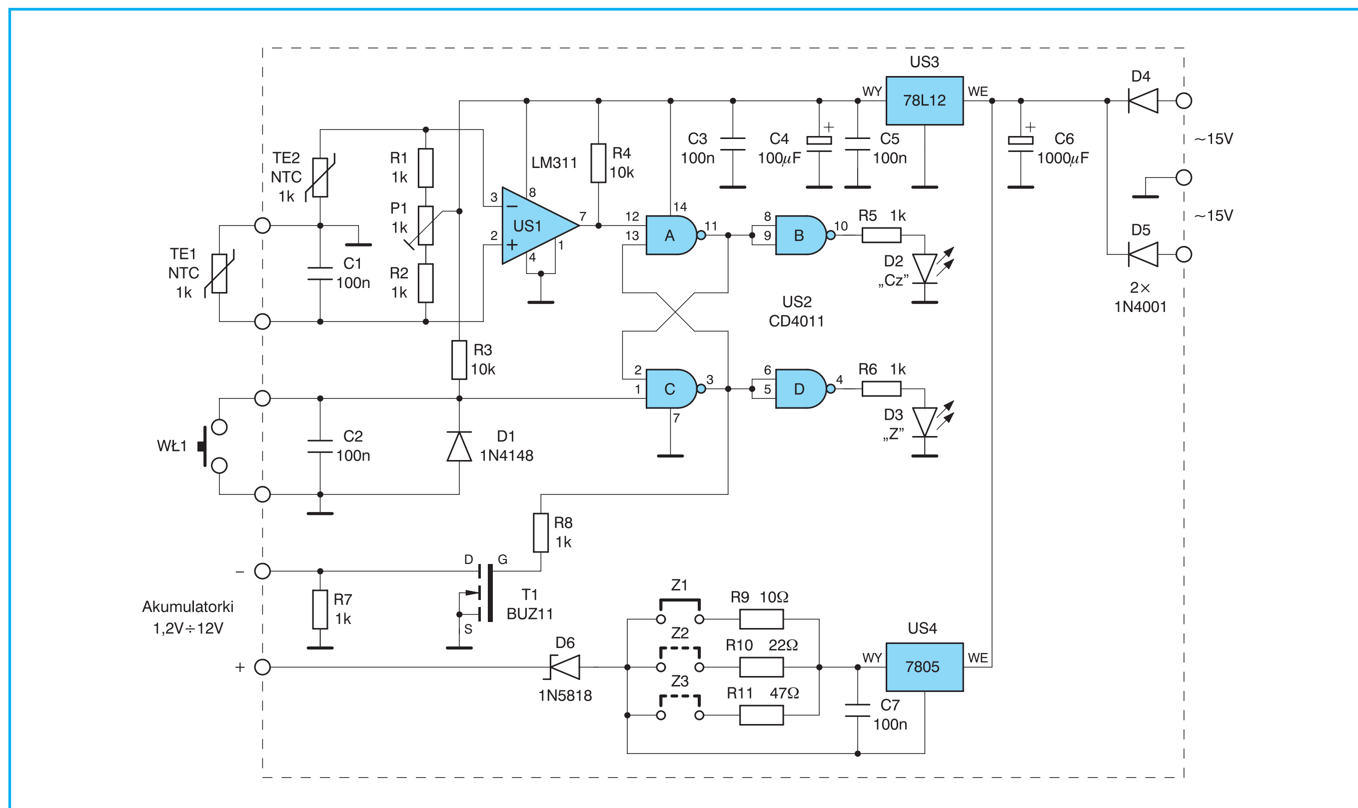
Wyjście komparatora podłączone jest do wejścia przerzutnika RS wchodzącego w skład układu logicznego. Na początku ładowania napięcie wyjściowe komparatora jest zbliżone do 12 V (poziom wysoki). Przekroczenie dopuszczalnego przyrostu temperatury powinno zmienić stan wyjściowy na 0 V (poziom niski).

Układ logiczny składa się z przerzutnika RS i dwóch inwertorów. Do ich realizacji wykorzystano układ CMOS CD 4011 (US2). Przerzutnik tworzą bramki A i C. Do wejścia 12 (US2) podawany jest sygnał wyjściowy z komparatora temperatury. Do wejścia 1 (US2) doprowadzany jest poziom wysoki (+12 V). Zwarcie tego wejścia do masy za pomocą przełącznika WŁ1 uruchamia proces ładowania. Na wyjściu bramki C (3 US2) pojawia się poziom wysoki. Napięcie to podawane jest przez rezystor R8 do bramki tranzystora polowego T1 powodując jego włączenie. Tym samym zostaje zamknięty obwód ładowania.

Na wyjściu bramki A (11 US2) pojawia się wtedy poziom niski. Stan ten podawany jest do inwertora B uzyskanego po połączeniu wejść bramki NAND. Wysoki poziom na wyjściu inwertora powoduje świecenie diody luminescencyjnej D2. Dioda ta sygnalizuje ładowanie akumulatora. Prąd diody jest ograniczony rezystorem R5 do około 10 mA.

Wzrastająca temperatura termistora TE1 powoduje malenie jego rezystancji. Początkowo powoduje to równoważenie mostka. Kiedy nastąpi nie zrównoważenie o kierunku przeciwnym, zmieni się napięcie wyjściowe komparatora US1. Niski poziom na wejściu 12 bramki A, przerzutnika RS, wymusi zmianę stanu wyjściowego tej bramki na wysoki. Stan wyjściowy bramki C zmieni się na niski. Spowoduje to wyłączenie przepływu prądu przez tranzystor T1 i zakończenie procesu ładowania. Jednocześnie zgaśnie dioda luminescencyjna D2, a zaświeci się dioda D3. Świecenie diody D3 sygnalizuje naładowanie akumulatora. Dioda ta świeci się także przed rozpoczęciem ładowania informując o włączeniu zasilania.

Stabilizator prądu ładowania zrealizowany jest na monolitycznym stabilizatorze napięcia LM 7805 (US4). Stabilizację prądu uzyskuje się przez utrzymywanie stabilizowanego napięcia na rezystancji włączonej szeregowo z obciążeniem. Nadmiar napięcia zasilającego odkłada się na stabilizatorze napięcia. Na nim też jest wydzielana największa moc. Moc ta jest proporcjonalna do prądu ładowania i rośnie wraz z maleniem napięcia ładowania, przy małej ilości ładowanych ogniw. Regulację prądu ładowania uzyskuje się przez zmianę rezystancji podłączonej równolegle do wyjścia stabilizatora, a szeregowo z ładowanym akumulatorem. Można ustalić jedną wartość rezystancji dla ładowania określonym prądem lub zmieniać prąd ładowania przez przełączanie rezystancji R9, R10, R11. Wymaganą wartość rezystancji można wyliczyć z na-



Rys. 1 Schemat ideowy

stępującego wzoru:

$$R = \frac{5}{I}$$

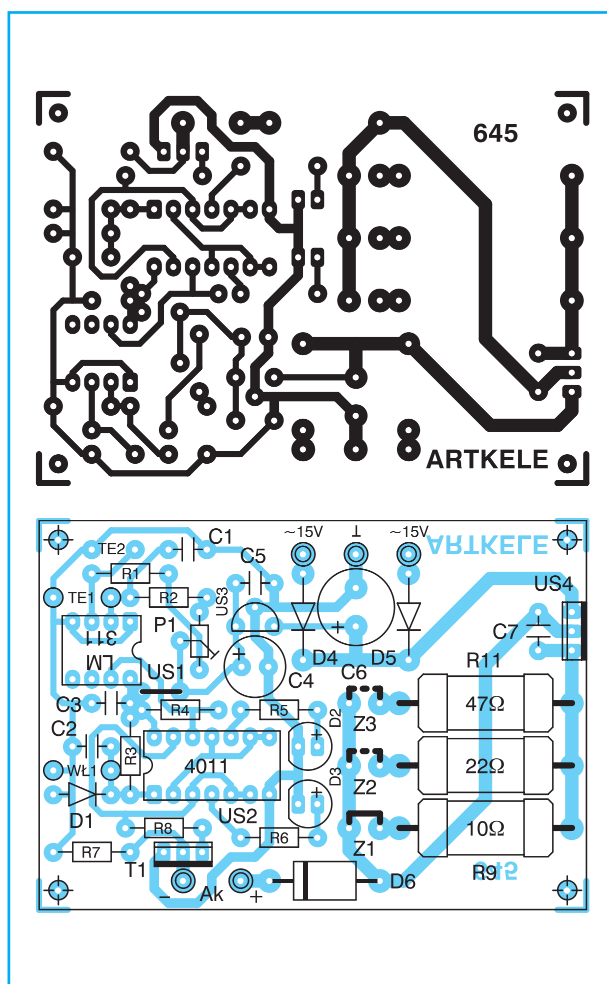
gdzie:
R – rezystancja [Ω],
I – wartość prądu [A].

Rezystancja R9 o wartości 10 Ω wymusza prąd ładowania wynoszący 0,5 A. Rezystancja R10 o wartości 22 Ω (dokładniej 20 Ω) określa prąd ładowania wynoszący około 0,25 A. Rezystor R11 – 47 Ω (50 Ω) wymusza prąd ładowania około 0,1 A (100 mA). Dioda D6 zapobiega zasilaniu stabilizatora przez akumulator po wyłączeniu zasilania, a więc tym samym zapobiega rozładowaniu akumulatora. Zastosowanie diody Schotky zmniejsza stratę napięcia na diodzie do 0,2 V. Można tu zastosować krzemową diodę prostowniczą, ale wtedy spadek napięcia jest rzędu 0,7 V.

Napięcie stałe zasilające ładowarkę uzyskiwane jest z prostownika dwupołówkowego zrealizowanego na diodach D4, D5. Napięcie to jest filtrowane kondensatorem C6 i doprowadzane do stabilizatora prądu oraz stabilizatora napięcia +12 V (US3).

Do zasilania układu wymagany jest więc transformator sieciowy z uzwojeniem wtórnym, symetrycznym o napięciu 2×15 V. Obciążalność uzwojenia wtórnego transformatora powinna wynosić 0,5 A. Można zastosować transformator sieciowy o oznaczeniu TS 20/033. Można dobrać inny transformator, odpowiednio do ładowanych akumulatorów. Kierować się należy prądem ładowania i napięciem akumulatora. Napięcie wyjściowe z prostownika powinno być większe od napięcia naładowania akumulatora o około 3÷5 V.

Ogniwo typowego akumulatora NiCd podczas powolnego ładowania (małym prądem) uzyskuje napięcie 1,3 V. Przy ładowaniu szybkim (prąd równy pojemności akumulatora C lub C/2, czy C/3) napięcie osiąga wartość 1,55 V. W końcowym etapie procesu ładowania wzrasta także temperatura ogniwa. Wzrost temperatury zależy od wielkości prądu ładowania i wynosi od 5 do 10°C. Właśnie ta właściwość akumulatora



Rys. 2 Płytka drukowana i rozmieszczenie elementów

jest wykorzystana do zakończenia procesu ładowania. Czujnik temperatury powinien być jak najlepiej sprzężony termicznie z ogniwem, czy całym akumulatorem.

Montaż i uruchomienie

Po skompletowaniu elementów dopasować średnice otworów płytki drukowanej. Dotyczy to zwłaszcza rezystora nastawnego P1 i otworów pod kołki lutownicze. Po znalezieniu odpowiedniej obudowy zamontować diody luminescencyjne. Tranzystor T1 i stabilizator US3 zamontować na długość wyprowadzeń około 5 mm. Stabilizator US4 najpierw przykręcić do radiatora, a dopiero później przylutować do płytki. Odpowiednio ukształtować jego wyprowadzenia. Radiator można wykonać z blachy aluminiowej o grubości 2 mm i wymiarach 5×10 cm. Można wykorzystać gotowy profil. Przy małych prądach ładowania i odpowiednio dobranym transformatorze radiator nie jest konieczny. Zwrócić uwagę, aby rezystory R9, R10, R11 nie dotykały do radiatora.

Po sprawdzeniu poprawności montażu można przystąpić do uruchomienia ładowarki. Do tego celu wystarczy multimetr i ewentualnie termometr. Rolę termometru może pełnić multimetr z przystawką opisaną w PE nr 2/2002.

Podłączyć transformator do płytki ładowarki. Transformator powinien posiadać znak bezpieczeństwa B. W obwodzie pierwotnym transformatora zamontować wyłącznik sieciowy i bezpiecznik 100 mA. Zwrócić uwagę na izolację wszystkich punktów lutowniczych pod napięciem sieci. Obwód sieciowy łączyć przewodem w podwójnej izolacji np. z przewodu sieciowego.

Suwak rezystora nastawnego P1 ustawić w środkowym położeniu. Włączyć zasilanie i sprawdzić napięcie na wyjściu prostownika. Powinno wynosić 18÷19 V. Oczywiście zależeć będzie ono od zastosowanego transformatora. Sprawdzić napięcie na wyjściu stabilizatora +12 V (US3). Napięcie to powinno być doprowadzone do układów scalonych US1 i US2. na wyjściu komparatora (7 US1) powinien być poziom wysoki. Ewentualnie minimalnie skorygować położenie suwaka P1. Powinna świecić się dioda D3 (zakończenie lub gotowość do ładowania).

Zewrzeć chwilowo wejście 1 bramki C do masy np. korzystając z przełącznika WŁ1. Powinna zaświecić się dioda D2 (ładowanie). Amperomierz multimetru podłączyć do zacisków + i – ładowania. Mierzony prąd powinien odpowiadać wartości wyznaczonej przez podłączony rezystor (R9÷R11). Uprzednio należy podłączyć jedną ze zwór Z1÷Z3, lub zamontować w tym miejscu przełącznik. Pomiar ten należy wykonać możliwie szybko, gdyż pełne napięcie zasilające odłoży się na stabilizatorze US4.

Przyłożyć lutownicę do termistora TE1. Nagrzanie termistora powinno spowodować wyłączenie ładowania. Zgaśnie dioda D2 a zaświeci się dioda D3. Prąd ładowania powinien spaść do wartości wynikającej z rezystancji R7 (około 15 mA). Sprawdzić przy jakiej temperaturze następuje wyłączenie ładowania. Ustawić P1, aby wyłączenie ładowania następowało przy temperaturze większej o 5°C od temperatury otoczenia.

Podłączyć akumulatorki i przeprowadzić próbne ładowanie. Ładowanie to powinno być nadzorowane. Należy mierzyć napięcie na akumulatorze i temperaturę. Sprawdzić, czy następuje wyłączenie ładowania i ewentualnie skorygować ustawienie P1. Wskaźnikiem końca ładowania (naładowania) może być czas wynikający z prądu ładowania lub spadek napięcia na akumulatorze po okresie wzrostu podczas ładowania. Zwrócić uwagę na kontakt termistora TE1 z ładowanym akumulatorem.

Wykaz elementów:

Półprzewodniki	
US1	– LM 311
US2	– CD 4011
US3	– LM 78L12
US4	– LM 7805
T1	– BUZ 11, IRF 520
D1	– 1N4148
D2	– LED czerwony
D3	– LED zielony
D4, D5	– 1N4001, 1N4002
D6	– 1N5818
Rezystory	
R9	– 10 Ω/3 W
R10	– 22 Ω/2 W
R11	– 47 Ω/1 W
R1, R2, R5, R6, R7, R8	– 1 kΩ/0,125 W
R3, R4	– 10 kΩ/0,125 W
TE1, TE2	– termistor NTC 1 kΩ
P1	– 1 kΩ TVP1232
Kondensatory	
C1, C2, C3, C5, C7	– 100 nF/50 V ceramiczny
C4	– 100 μF/16 V
C6	– 1000 μF/25 V
płytka drukowana numer 645	

Płytki drukowane wysyłane są za zaliczeniem pocztowym. Płytki można zamawiać w redakcji PE.
Cena: płytka numer 645 - 5,30 zł + koszty wysyłki (11 zł).

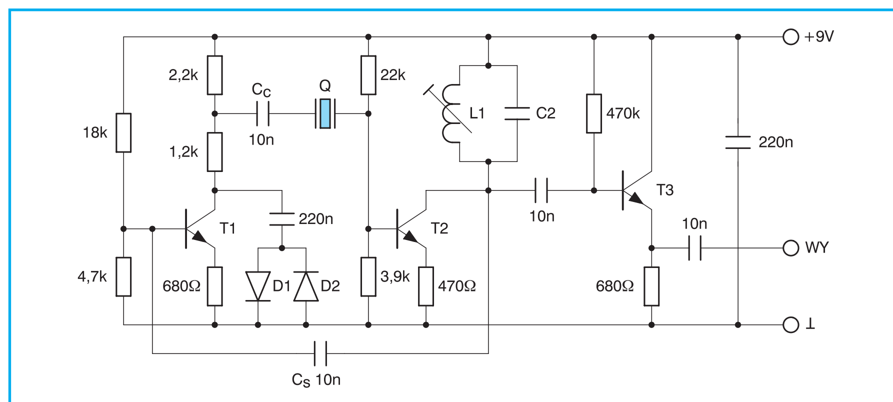
◊ **R.K.**

Praktyczne rozwiązania generatorów kwarcowych

Uzupełnieniem dwóch poprzednich odcinków wprowadzających w dziedzinę generatorów kwarcowych jest przedstawienie kilku praktycznych rozwiązań generatorów. Prezentowane schematy są odpowiednie dla określonego zakresu częstotliwości lub użytych elementów. Na początek przedstawimy generatory zrealizowane na elementach dyskretnych (tranzystorach).

Generatory tranzystorowe

Pierwszy układ przewidziany jest dla częstotliwości mniejszych od 150 kHz. Trudność z pobudzeniem kwarcu o takiej częstotliwości wymaga zastosowania wzmacniacza o dużym wzmocnieniu. W opisywanym układzie zapewniają to dwa tranzystory T1 i T2 pracujące w układzie ze wspólnym emiterem. Kwarc pracuje tutaj w rezonansie szeregowym jako element sprzęgający stopnie wzmacniające. Dodatnie sprzężenie zwrotne zapewnia połączenie kolektora T2 z bazą T1 za pomocą kondensatora C_c. Równoległy obwód rezonansowy L1, C2 powinien być dostrojony do generowanej częstotliwości dla uzyskania maksymalnego wzmocnienia. Obwód ten zapobiega także pracy kwarcu na innych częstotliwościach.



Rys. 1 Generator dla częstotliwości mniejszych od 150 kHz

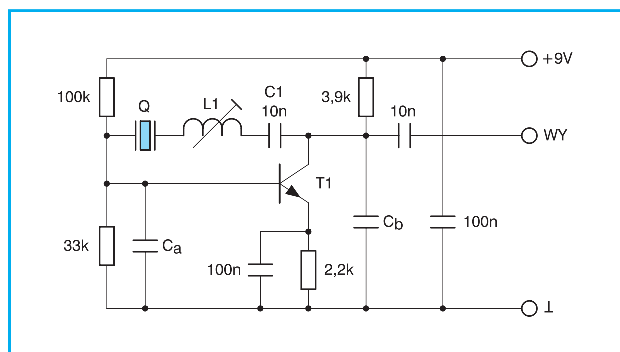
Wartości elementów:

T1, T2, T3	– BC 108
D1, D2	– 1N4148
L1	– 0,8÷2,2 mH
C2	– 10 nF (50÷74 kHz) 4,7 nF (75÷99 kHz) 2,2 nF (100÷150 kHz)

Diody D1 i D2 ograniczają napięcie wyjściowe tranzystora T1, a tym samym wysterowanie kwarcu. Zabezpieczają kwarc przed uszkodzeniem. Dla dokładnego dostrojenia częstotliwości generatora należy zastosować kwarc strojony przy pojemności obciążenia C_L. Kondensator Cc należy wtedy zastąpić trymerem, którego środkowa pojemność jest równa C_L.

Tranzystor T3 pełni rolę separatora oddzielającego obwód generatora od obciążenia. Pracuje on jako wtórnik emiterowy. Sygnał wyjściowy pobierany jest z emitera T3. W przypadku trudności ze wzbudzeniem drgań należy zablokować jeden lub obydwa rezystory emiterowe T1 i T2 kondensatorem o pojemności 22÷100 nF.

Kolejny układ przewidziany jest dla częstotliwości od 150 do 550 kHz. Układ zrealizowany jest na jednym tranzystorze jako generator Pierce'a z odwracaniem impedancji za pomocą indukcyjności włączonej szeregowo z kwarcem. Kwarc z cięciem DT lub CT, pracuje w obwodzie sprzężenia zwrotnego wprowadzając odwrócenie fazy. Dlatego wzmacniacz pracuje w układzie ze wspólnym emiterem także odwracającym fazę.



Rys. 2 Generator dla częstotliwości 150÷550 kHz

Wartości elementów:

dla częstotliwości 150÷299 kHz	
L1	– 0,8÷2,2 mH
C_a, C_b	– 1 nF
dla częstotliwości 300÷550 kHz	
L1	– 0,4÷1 mH
C_a, C_b	– 680 pF

Szeregowa indukcyjność L1 musi być odpowiednio dobrana dla wzbudzenia drgań. Wykorzystując kwarc kalibrowany dla rezonansu równoległego, przy pojemności obciążenia C_L, należy jako C1 zastosować kondensator o tej pojemności lub trymer. Sygnał jest pobierany z kolektora tranzystora. Wskazane jest zastosowanie separatora w postaci wtórnika emiterowego.

Układ ten może być stosowany dla częstotliwości od 500÷1000 kHz. Zazwyczaj nie jest wymagane wtedy stosowanie indukcyjności L1. Pojemności C_a i C_b należy zmniejszyć do 390 pF.

Do wytwarzania drgań w zakresie częstotliwości od 1÷21 MHz wykorzystamy generator Colpitts'a. Układ ten wykorzystuje tranzystor pracujący w układzie ze wspólnym kolektorem. Kwarc pracuje w rezonansie równoległym i powinien być dostrojony do pojemności C_L trymerem.

Wartości elementów:

f	C	C_b	Re
[MHz]	[pF]	[pF]	[kΩ]
1÷3	330	220	6,8
3÷6	220	150	6,8
6÷10	220	150	4,7
10÷18	150	100	2,7
18÷21	82	47	1,5

Sygnał wyjściowy pobierany jest z emitera tranzystora pracującego jako wtórnik emiterowy i dlatego nie jest wymagany specjalny separator. Jest on jednak wskazany dla uzyskania dużej stałości częstotliwości.

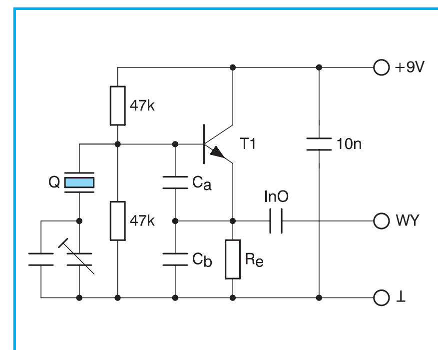
Istnieje możliwość pracy na harmonicznej kwarcu (tylko nieparzyste). Należy wtedy w obwodzie kolektora tranzystora zamontować równoległy obwód rezonansowy dostrojony do harmonicznej. Sygnał wtedy pobierać z kolektora tranzystora. Aby nie tłumić obwodu rezonansowego wskazany jest separator w postaci wtórnika emiterowego.

Kwarce pracujące powyżej 21 MHz pracują na harmonicznych nieparzystych tzw. owertonach. Najczęściej wykorzystywane są 3 i 5 harmoniczne częstotliwości podstawowej kwarcu. Zalecanym układem jest generator Colpitts'a z tzw. odwracaniem impedancji realizowanym przez indukcyjność włączoną szeregowo z kwarcem. Wykorzystywały to także schematy przedstawione wcześniej.

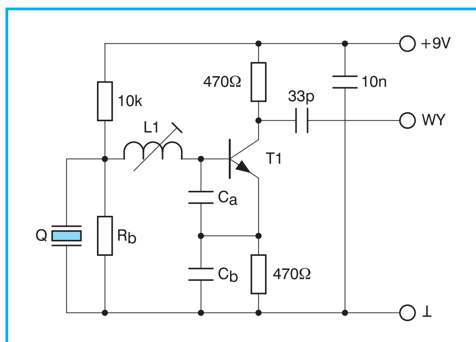
Wartości elementów:

R_b	– 3,3 kΩ (21÷50 MHz) 1,5 kΩ (50÷105 MHz)
C_a	– 47 pF
C_b	– 33 pF

Indukcyjność L1 powinna być jak najmniejsza dla uzyskania pewnego wzbudzania drgań. Można ją wykorzystać do dokładnego dostrojenia częstotliwości



Rys. 3 Generator na częstotliwości 1÷21 MHz



Rys. 4 Generator na częstotliwości od 21 do 105 MHz

w zakresie 10÷40 ppm. W przypadku konieczności wyselekcjonowania właściwej harmonicznej, należy zastosować w miejsce rezystora kolektorowego, równoległy obwód rezonansowy dostrojony do jej częstotliwości.

Generator kwarcowy na częstotliwości powyżej 105 MHz realizowany jest w układzie ze wspólną bazą. Kwarc pracuje jako element dodatniego sprzężenia zwrotnego w rezonansie szeregowym. Podłączona równolegle do kwarcu indukcyjność Lo ma za zadanie zredukowanie wpływu pojemności kwarcu Co. Jej wartość powinna być dobrana dla uzyskania rezonansu z pojemnością Co dla generowanej częstotliwości. Do częstotliwości tej powinien być także dostrojony obwód rezonansowy z indukcyjnością L1.

Sygnał wyjściowy można pobierać z dzielnika obwodu rezonansowego lub emitera tranzystora. Przesunięcie fazy wprowadzane przez wzmacniacz spowoduje przestrojenie generatora i dlatego częstotliwość kwarcu musi być dobrana eksperymentalnie dla uzyskania wymaganej częstotliwości oscylacji. Warunki doboru kwarcu pracującego na wyższej harmonicznej niż poprzednio muszą być sprecyzowane w zamówieniu.

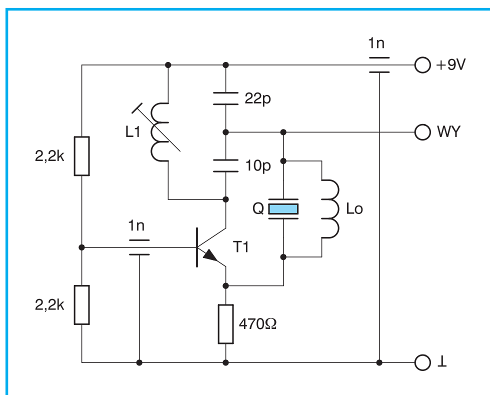
Płytka drukowana takiego generatora musi być zaprojektowana zgodnie z zasadami obowiązującymi przy bardzo wysokich częstotliwościach. Istotne staje się tutaj dopasowanie rezystancji i linii przesyłowych dla uniknięcia odbić energii.

Generatory z układami scalonymi

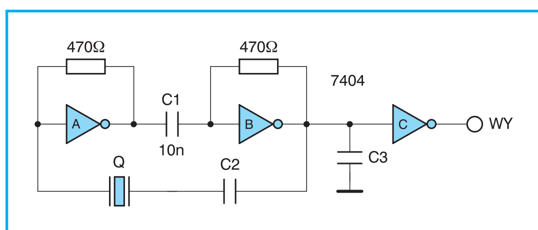
Jako pierwszy przedstawię generator wykorzystujący bramki TTL. Układ przewidziany jest do stosowania popularnych kwarców z tzw. cięciem AT. Niewielka ilość elementów przesądziła o jego popularności. Dwa inwertory linearyzowane za pomocą rezystorów 470 Ω i sprzężone pojemnościowo realizują wzmacniacz nie wprowadzający przesunięcia fazy. Kwarc włączony jest w obwodzie sprzężenia zwrotnego. Pojemność C2 ma za zadanie zredukowanie niedokładności przesunięcia fazy wzmacniacza – wymagana jest inna wartość niż C_L. Przesunięcie fazy jest pogarszane pojemnością C3, niezbędną dla stłumienia trzeciej harmonicznej.

Jeśli wymagane jest wykorzystanie harmonicznych częstotliwości kwarcu, należy zmniejszyć pojemność C1 dla odfiltrowania harmonicznej podstawowej lub zastosować w tym miejscu szeregowy obwód rezonansowy i oczywiście usunąć pojemność C3.

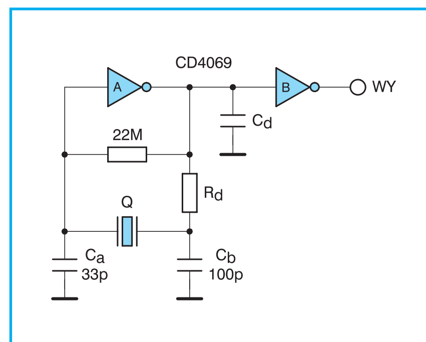
Przy pracy na częstotliwości podstawowej kwarcu, najpierw trzeba dobrać pojemność C3 dla skutecznego stłumienia 3 harmonicznej, a następnie ustalić częstotliwość oscylacji kondensatorem C2. Na działanie generatora wpływ mają różnice między układami różnych producentów. Nie należy zapomnieć o zablokowaniu zasilania układu scalonego kondensatorem o pojemności 10÷100 nF. Wskazane jest wykorzystanie kolejnej bramki (inwertora) jako separatora sygnału wyjściowego.



Rys. 5 Generator na częstotliwości powyżej 105 MHz



Rys. 6 Generator z bramkami TTL



Rys. 7 Generator CMOS

Korzystniejsze właściwości mają generatory Pierce'a wykorzystujące tylko jeden inwertor, ale są bardziej skomplikowane układowo i wymagają pracochłonnej regulacji.

Jako generator Pierce'a o stosunkowo prostym układzie pracuje generator wykorzystujący inwertory CMOS. Inwertor także jest linearyzowany równoległym rezystorem 22 MΩ. Dla zmniejszenia obciążenia kwarcu włączony jest szeregowy rezystor R_d. Pojemności C_a i C_b zapewniają odpowiednie warunki sprzężenia zwrotnego.

Układ ten przewiduje zastosowanie typowego kwarcu kalibrowanego dla pojemności C_L = 30 pF. Zależnie od częstotliwości należy zmieniać wartość rezystancji R_d. Dla częstotliwości 25 kHz i mniejszych powinna wynosić 220 kΩ. Rezystancję tą zmniejsza się ze wzrostem częstotliwości. Dla częstotliwości większych od 1,5 MHz powinna wynosić 1 kΩ. Rezystancja linearyzująca dla częstotliwości większych od 200 kHz powinna być zmniejszona do 10 MΩ.

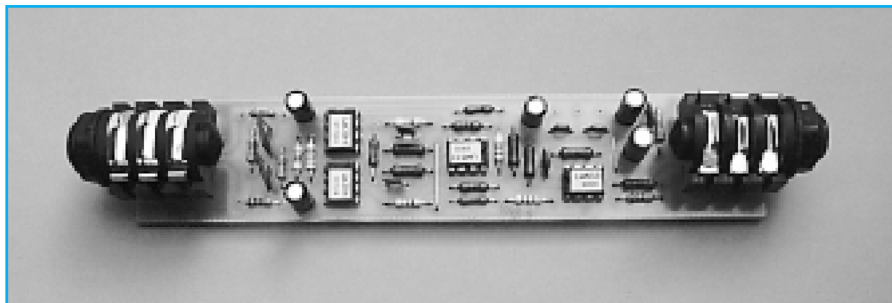
Pojemność C_a może być zastąpiona trymerem dla ustalenia częstotliwości oscylacji. Zakres regulacji jest jednak niewielki.

Sądzę, że podane wskazówki będą pomocne przy projektowaniu i wykorzystywaniu generatorów kwarcowych. Powinny także pomóc w określeniu wymagań technicznych zamawianego lub kupowanego kwarcu. Polecam, oczywiście w miarę możliwości zapoznanie się z warunkami technicznymi producenta.

◊ ***R.K.***

Niskoszumny wzmacniacz mikrofonowy

Opis stołu mikserskiego wywołał duże zainteresowanie naszych Czytelników. Do redakcji napłynęło wiele listów z prośbami o opublikowanie wysokiej jakości oddzielnego wzmacniacza mikrofonowego. Spełniamy te prośby zamieszczając w poniższym artykule schemat takiego układu. Oprócz tego tekst zawiera garść uwag dotyczących techniki mikrofonowej. Zagadnienia te są dość rzadko przedstawiane w pismach elektronicznych mimo tego, że są one bardzo ważne.



Technika mikrofonowa to odrębny dział akustyki. Zajmuje się ona warunkami nagłośnienia przy wykorzystaniu mikrofonów. Zagadnienia te doskonale są znane elektroakustykom pracującym w studiach nagraniowych czy też obsługującym koncerty. Na temat nagłośnienia napisano już setki artykułów w prasie fachowej. Chcąc przybliżyć problemy związane ze stosowaniem mikrofonów przedstawię kilka najważniejszych aspektów związanych z techniką nagłośnienia i wynikającymi z tego problemami.

Dziś można spotkać wiele różnych typów mikrofonów. Najczęściej jednak stosuje się mikrofony dynamiczne. Mikrofon taki swoją budową przypomina niewielki głośnik. Zasada pracy także jest podobna do pracy głośnika, z tą tylko różnicą, że mikrofon zamienia energię drgań cząsteczek powietrza na energię elektryczną. Niewielka energia zawarta w fali akustycznej docierającej do mikrofonu sprawia, iż jego sygnał wyjściowy jest bardzo mały. Oprócz tego głównym problemem są właściwości powietrza w którym rozchodzi się fala akustyczna.

Dźwięki rozchodzą się w powietrzu w postaci fal akustycznych. Fala taka jest analogiczna do fali elektromagnetycznej. W powietrzu amplitudzie przebiegu elektrycznego odpowiada poziom ciśnienia akustycznego. W odróżnieniu do fal elektromagnetycznych prędkość rozchodzenia się dźwięków jest bardzo mała i wynosi ok.344 m/s, zależy ona także od wilgotności i temperatury powietrza. Długość fali jest zależna od częstotliwości dźwięku. Łatwo zapamiętać, orientacyjne długości fali dla kilku częstotliwości:

100 Hz – 3,44 m;
1000 Hz – 34 cm;
10.000Hz – 3,4 cm.

Podczas rozchodzenia się fal dźwiękowych mogą występować cztery różne zjawiska: odbicie, pochłanianie, uginanie (dyfrakcja) i załamanie (refrakcja).

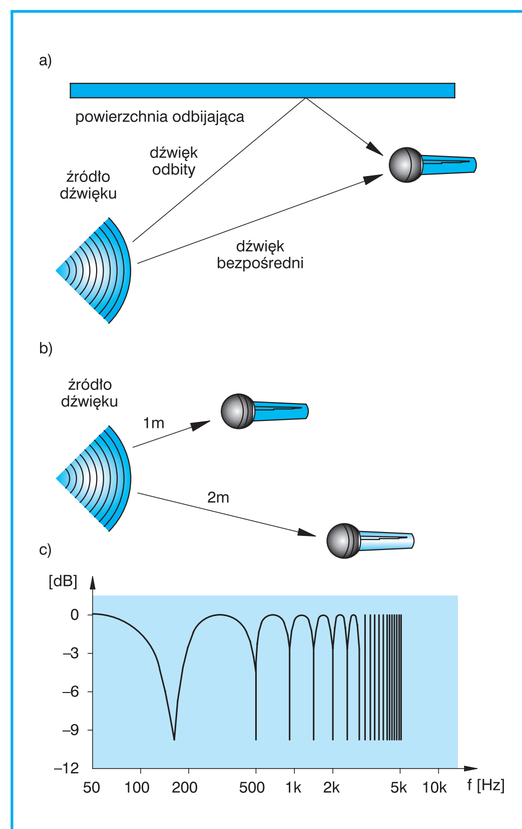
Odbicie

Odbicie dźwięku następuje wtedy, gdy powierzchnia lub obiekt od którego dźwięk się odbija jest równy lub większy od długości fali dźwiękowej. Dlatego też dźwięki o niskich częstotliwościach (długiej) fali odbijają się tylko od bardzo dużych powierzchni. Natomiast dźwięki wysoki o małej długości fali mogą odbijać się zarówno od dużych jak i znacznie mniejszych przeszkód. Dźwięk odbity będzie posiadał inne widmo niż dźwięk bezpośredni w sytuacji gdy nie wszystkie składowe ulegną odbiciu. W praktyce dźwięk odbity najczęściej pozbawiony jest składników niskotonowych.

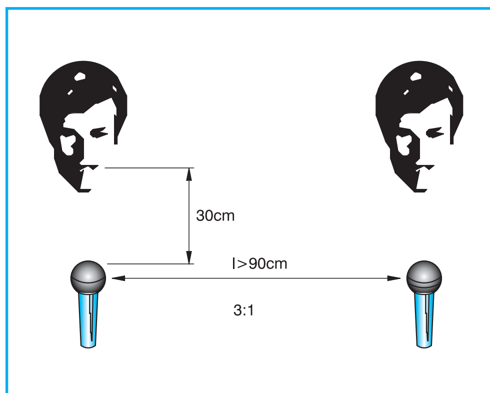
Odbicie jest źródłem echa, pogłosu i fali stojącej. Echo występuje wtedy, gdy dźwięk odbity jest znacznie opóźniony w stosunku do dźwięku bezpośredniego. Warunkiem powstawania echa jest duża odległość płaszczyzny odbijającej od źródła dźwięku. Czas opóźnienia dźwięku jest wtedy na tyle duży, że można rozróżnić dźwięki bezpośrednie i odbite jako zupełnie odrębne dźwięki. Echo można wywołać w górach, lub na polu za którym znajduje się ściana lasu.

Pogłos występuje w przypadku wielokrotnych odbić od płaszczyzn znajdujących się w średniej odległości od źródła dźwięku. W takim przypadku ucho nie rozróżnia dźwięku bezpośredniego i odbitego łącząc je ze sobą razem. Charakterystyczną cechą pogłosu jest chwilowe występowanie dźwięku w pomieszczeniu po zaniku dźwięku bezpośredniego. Zjawisko to łatwo zaobserwować w murowanych kościołach gotyckich.

Fale stojące pojawiają się na określonych częstotliwościach związanych ściśle z wymiarami pomieszczenia. Dźwięk pochodzący z źródła zaczyna interferować z dźwiękiem odbitym. Przy odpowiedniej częstotliwości następuje wzmacnianie określonej częstotliwości. Dla innych częstotliwości nastąpi wytłumienie. Fale stojące powstają także dla harmonicznych często-



Rys. 1 Powstawanie filtrowania grzebieniowego



Rys. 2 Zasada rozmieszczenia dwóch mikrofonów (3:1)

tliwości podstawowej powstawania fali. Zjawisko to występuje głównie na niskich częstotliwościach ze względu na dużą długość fali i relatywnie dużą energię.

Pochłanianie

Niektóre materiały posiadają właściwość pochłaniania dźwięku. W takim przypadku nie następuje odbicie, lub jest ono dużo mniejsze. Efektywność pochłaniania zależy od długości fali. Cienkie materiały takie jak dywany, lub firanki pochłaniają głównie dźwięki o wyższych częstotliwościach. Natomiast grubsze materiały takie jak wyściełane meble, kanapy, czy też draperie pochłaniają dźwięki o niższych częstotliwościach. Wytłumienie pomieszczenia przy pomocy materiałów pochłaniających dźwięk wpływa na zmniejszenie się pogłosu. Także ubrania ludzi pochłaniają dźwięki głównie na częstotliwościach średnich i wysokich. Stąd brzmienie w pustej sali koncertowej jest inne niż w sali pełnej ludzi. Warto to mieć na uwadze dobierając brzmienie na próbach.

Ugięcie

Fala dźwiękowa na swojej drodze ugina się wokół przeszkód które są mniejsze od jej długości. Ponieważ fale dźwiękowe o niższych częstotliwościach są dłuższe niż fale o wyższych częstotliwościach niskie tony, bez większych problemów omijają wszelkie przeszkody, na których zostają zatrzymane tony wysokie. Ten efekt sprawia, że tony wysokie są bardziej kierunkowe od tonów niskich, które takiej kierunkowości nie wykazują. W systemach nagłośnienia występują w związku z tym problemy z „opanowaniem" dźwieków niskich. Dotyczy to kolumn głośnikowych i mikrofonów.

Załamanie

Załamanie dźwięku występuje podczas przechodzenia przez ośrodek o zmiennej gęstości. Zjawisko to daje się wyraźnie zauważyć w dużej odległości od źródła dźwięku (głośnika) na skutek zjawisk atmosferycznych takich jak wiatr lub silnie rozgrzane obszary powietrza. Efektem jest występowanie miejsc o większym i mniejszym natężeniu dźwięku. Przy wietrze może też wystąpić falowanie natężenia dźwięku.

Dźwięk bezpośredni i otaczający

Bardzo ważną właściwością dźwięku bezpośredniego jest to iż przebywa on najłatwiejszą do pokonania i najkrótszą drogę. Natężenie dźwięku maleje proporcjonalnie do kwadratu odległości. Jeżeli powiększymy odległość od źródła dźwięku dwukrotnie jego natężenie zmaleje czterokrotnie co odpowiada spadkowi o –6 dB. Natomiast przy dwukrotnym zmniejszeniu odległości następuje czterokrotny wzrost natężenie dźwięku co odpowiada +6 dB.

Jednakże w pomieszczeniu dźwięk otaczający ma prawie taki sam poziom we wszystkich miejscach. Dzieje się tak za sprawą wielokrotnych odbić. Wszystko to sprawia, że dźwięk otaczający jest prawie bezkierunkowy, dobiega z wielu miejsc. Na dźwięk otaczający składa się dźwięk bezpośredni i wiele dźwięków odbitych.

Z tego też względu w każdym pomieszczeniu występuje odległość mierzona od źródła dźwięku w której natężenie dźwięku bezpośredniego jest równe natężeniu dźwięków odbitych (pogłosowych). W akustyce odległość ta nosi miano **odległości krytycznej**. Jeżeli mikrofon umieszczony jest w odległości krytycznej lub większej od niej to otrzymana jakość dźwięku będzie bardzo słaba, za przyczyną „łapania" przez mikrofon dźwięków odbitych, pogłosowych i echowych. Spowoduje to „spłaszczenie" oryginalnego dźwięku i pogorszenie jego czystości, co jest szczególnie ważne przy mowie lub wokalizie.

Odległość krytyczna może być określona eksperymentalnie poprzez uważny odsłuch. Wystarczy zbliżyć się do źródła dźwięku na bardzo małą odległość i powoli oddalać się od niego aż do czasu kiedy natężenie dźwięku przestanie się zmniejszać. Odległość w której to wystąpi jest odległością krytyczną.

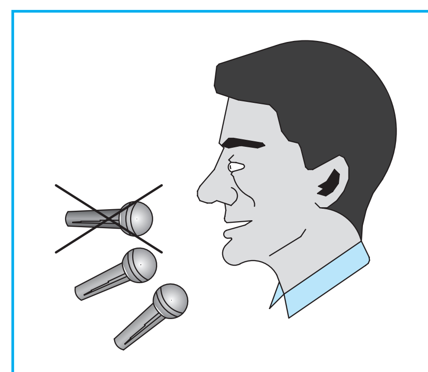
Wynikają z tego ważne wnioski co do miejsca umieszczenia mikrofonu. Mikrofony wszechkierunkowe (o charakterystyce kołowej) powinny być umieszczane w odległości mniejszej niż połowa odległości krytycznej od źródła dźwięku. Pomieszczenia o dużym pogłosie wymagają jeszcze drastyczniejszego zmniejszenia odległości mikrofonu od źródła dźwięku. Należy tu zwrócić uwagę, że duży stosunek dźwięku bezpośredniego do otaczającego uzyskuje się głównie przez zmniejszanie odległości mikrofonu od źródła. Charakterystyka kierunkowa mikrofonu odgrywa tu drugorzędną rolę, gdyż dźwięk otaczający jest bezkierunkowy.

Efekty fazowe i interferencyjne

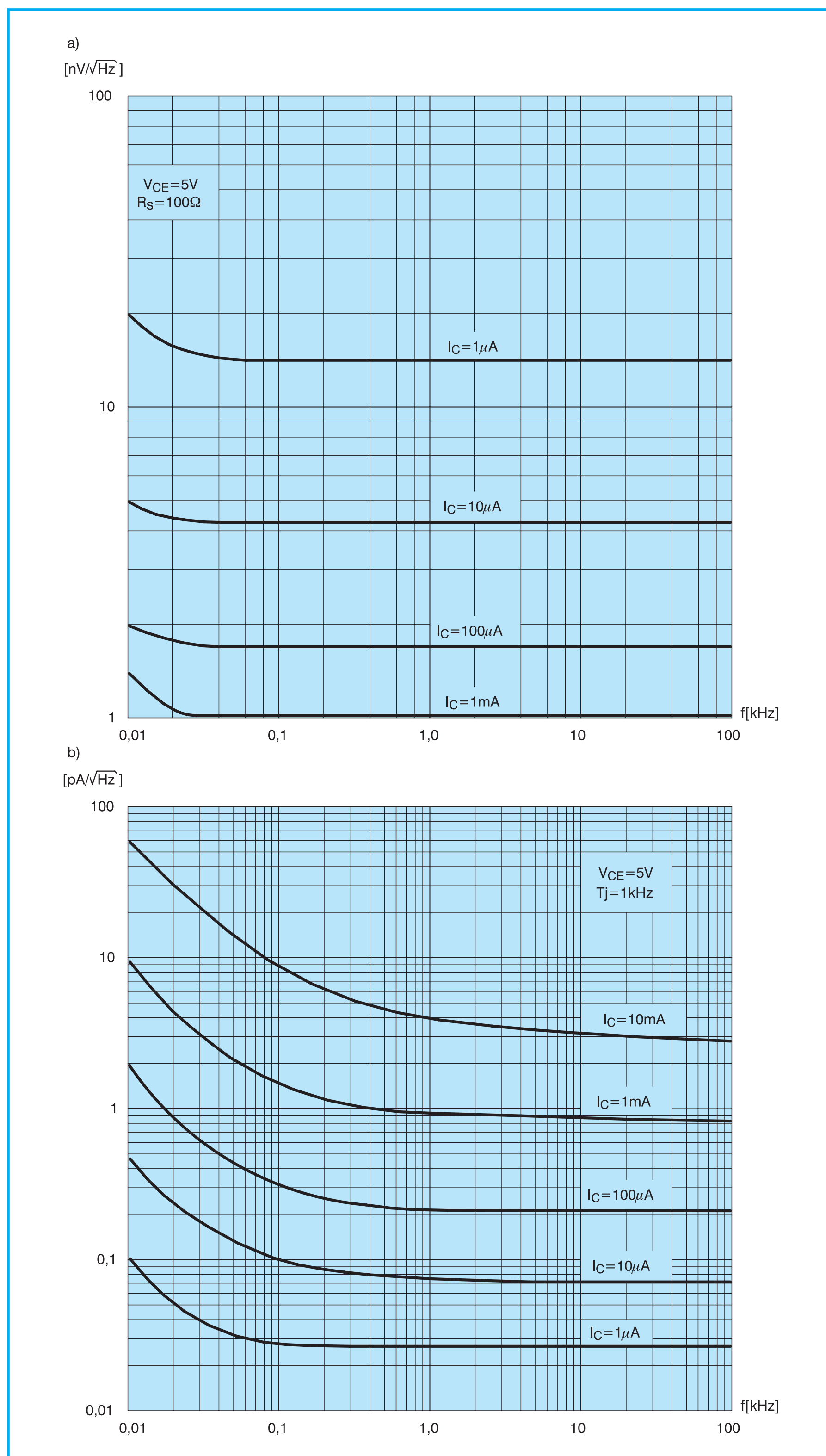
Podobnie jak jest to w przypadku fal elektromagnetycznych fale dźwiękowe także posiadają swoją fazę. Z uwagi na małą prędkość rozchodzenia się fal akustycznych w powietrzu zjawiska fazowe wywołują szereg efektów na które należy zwracać baczną uwagę.

Większość fal dźwiękowych nie jest pojedynczym dźwiękiem ale kombinacją wielu dźwięków o różnych częstotliwościach. W sytuacji gdy dwie identyczne fale dźwiękowe rozprzestrzeniają się w ośrodku możliwe są trzy główne efekty interferencji fal.

Pierwszy z nich to podwojenie amplitudy fali na wszystkich występujących częstotliwościach w sytuacji gdy fale pochodzące z źródeł są w zgodnej fazie. Drugą skrajną możliwością jest pełne wygaszenie fali gdy fazy dźwięków pochodzących ze źródeł są dokładnie przesunięte w fazie o 180°. Trzecia i najczęściej spotykana



Rys. 3 Prawidłowe umieszczenie mikrofonu w stosunku do ust mówcy



Rys. 4 Charakterystyki szumowe tranzystorów zawartych w układzie LM 394

sytuacja ma miejsce gdy fale są przesunięte względem siebie w fazie od dowolną wartość. Następuje wtedy częściowe wzmacnianie i wytłumianie niektórych częstotliwości składowych.

Zjawiska fazowe występują najczęściej na skutek odbijania się fal dźwiękowych. W sytuacji gdy mikrofon jest umieszczony blisko płaszczyzny odbijającej dźwięk fala bezpośrednia i odbita docierająca do mikrofonu jest praktycznie w zgodnej fazie. Powoduje to powstanie wzmocnienia dźwięku, które wynosi +6 dB w stosunku do sytuacji gdy mikrofon umieszczony jest w „wolnym powietrzu”, tzn z dala od płaszczyzny odbijającej dźwięk. Zjawisko to występuje dla odbitych fal o częstotliwościach których długość fali jest większa niż odległość mikrofonu od płaszczyzny odbijającej. Dla odległości mniejszych niż 0,8 cm, co ma miejsce przy bardzo małych mikrofonach mocowanych do ubrania, efekt podwojenia występuje dla częstotliwości mniejszych niż ok. 18 kHz. Efekt ten dotyczy jednak tylko fal, które uległy odbiciu. Fale pochłaniane przez materiał ubrania nie odbijają się i stąd dla pewnych częstotliwości zjawisko to nie występuje. Powoduje to powstawanie nierównomierności charakterystyki częstotliwościowej. Należy także pamiętać o tym, że fale o niskich częstotliwościach, a więc o dużej długości także nie będą się odbijały od takich elementów jak ubranie, które stanowi zbyt małą powierzchnię.

Innym zjawiskiem związanym z fazą jest złe podłączenie mikrofonów. Jeżeli dwa mikrofony znajdują się w jednakowej odległości od źródła dźwięku i są podłączone w przeciwnej fazie, po zsumowaniu ich sygnałów w stole mikserskim następuje wytłumienie dźwięku pochodzącego ze źródła. Sytuacja ta jest jednak rzadka, gdyż fabrycznie produkowane mikrofony są zawsze sfazowane. Zjawisko wytłumienia jest wykorzystywane w miejscach o dużym poziomie hałasu.

Najgroźniejszym jednak zjawiskiem fazowym jest powstawanie tzw. grzebieniowej charakterystyki przenoszenia. Tego typu efekt może powstać dwiema różnymi drogami.

Pierwsza z nich to umieszczenie mikrofonu w pobliżu płaszczyzny odbijającej dźwięk (rys. 1a). W tym przypadku drogi fali bezpośredniej i odbitej różnią się niewiele. Zatem natężenie dźwięku pochodzące bezpośrednio od źródła jest niewiele większe od natężenia dźwięku odbitego. Natomiast oba dźwięki są przesunięte względem siebie w fazie. Wielkość tego przesunięcia zależy od różnicy długości drogi którą musi pokonać dźwięk. Powoduje to powstawanie filtrowania grzebieniowego, w którym pewne częstotliwości są wzmacniane a inne osłabiane. Przebieg tego typu charakterystyki pokazano na rysunku 1c.

Drugą drogą prowadzącą do tego samego efektu jest umieszczenie dwóch mikrofonów do których dociera dźwięk z tego samego źródła (rys. 1b). Jeżeli odległości

mikrofonów od źródła dźwięku są różne po zsumowaniu sygnałów powstanie także zjawisko filtrowania grzebieniowego. Także w tym przypadku znaczenie ma nie różnica amplitud sygnałów docierających do mikrofonów, lecz różnica fazy.

Efekt filtracji grzebieniowej bardzo silnie wpływa na pogorszenie wynikowej jakości dźwięku. Powodując głuche brzmienie podobne do głosu dobywającego się ze studni lub beczki i brak wyrazistości, co jest szczególnie istotne w przypadku mowy lub śpiewu.

Także w tym przypadku eliminowanie filtrowania przeprowadza się poprzez zmianę ustawienia mikrofonów. Zmiana charakterystyki kierunkowej mikrofonu niewiele tu pomaga. Należy tu stosować żelazną zasadę 3:1, przedstawioną na rysunku 2. Zasada ta głosi, że dwa mikrofony powinny być oddalone od siebie o co najmniej trzykrotną odległość mikrofonu od źródła dźwięku. To samo dotyczy płaszczyzn odbijających. W takiej sytuacji prawy mikrofon odbiera falę akustyczną pochodzącą od osoby stojącej przy lewym mikrofonie stłumioną co najmniej o 12 dB. Jest to próg wystarczający aby efekt filtrowania grzebieniowego nie był zauważalny.

„Pukanie i szeleszczenie"

Innym nieprzyjemnym zjawiskiem występującym podczas nagłaśniania mowy jest efekt „pukania" (silnego uderzenia dźwięku w kolumnach głośnikowych) powstający przy wymawianiu spółgłosek „b", „p", „t". Jedną z przyczyn tego zjawiska jest nieprawidłowa dykcja, czyli złe wymawianie krytycznych spółgłosek. Osoby obeznane z mikrofonem nie mają z tym problemów. Drugą przyczyną jest złe umieszczenie mikrofonu względem ust. Mikrofon nie może znajdować się dokładnie na linii ust, gdyż wychodząca fala dźwiękowa szczególnie silnie uderza w membranę mikrofonu. Z tego względu mikrofon należy zawsze trzymać nieco niżej ust. I pod kątem ok. 45° w stosunku do pionu (tak jak pokazano to na rysunku 3).

Szczególnie krytyczną odległością mikrofonu od ust, dla której występuje zjawisko „pukania" jest przedział 6÷8 cm. Dlatego też należy trzymać mikrofon bliżej lub dalej. Umieszczenie mikrofonu blisko ust, tak że wargi dotykają sitka powoduje dodatkowe wzmocnienie tonów niskich i „ocieplenie" brzmienia. Minimalizuje to także możliwość powstawania sprzężeń akustycznych.

Drugim niepożądanym efektem jest „szeleszczenie" powstające przy wypowiadaniu spółgłosek „s" „ś", „ć", „sz" i „cz", oraz efekty związane z wylatującym z ust powietrzem. Także tu duże znaczenie ma dykcja. Dobrej jakości mikrofony są mniej wrażliwe na „szeleszczenie".

Oba zjawiska w pewnym stopniu redukują zakładane na sitko mikrofonu osłony z pianki. Oddalenie mikrofonu od ust. minimalizuje wyżej opisane niepożądane efekty. Grozi to jednak wcześniejszym progiem powstawania sprzężenia akustycznego.

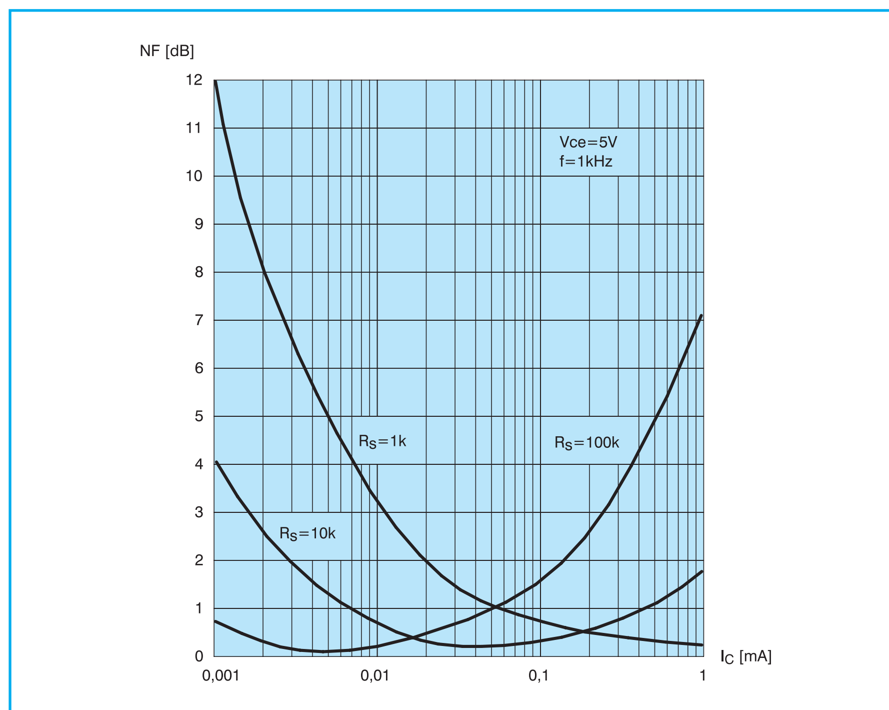
Jeszcze innym problemem związanym z techniką mikrofonową są wibracje spowodowane mechanicznym przenikaniem drgań z podłogi (estrady) przez stojak do mikrofonu. Problem ten można rozwiązać stosując statyw na gumowych nóżkach i uchwyt przeciwwstrząsowy wyłożony miękką pianką, która tłumi drgania. W przypadku trzymania mikrofonu w ręce bardzo ważne jest aby nie pukać palcami w obudowę, gdyż efekt ten jest doskonale słyszalny w głośnikach.

W ogóle z mikrofonem należy obchodzić się bardzo ostrożnie i delikatnie. Na sam koniec bardzo istotna uwaga o której zapomina wielu użytkowników mikrofonów. Mikrofonu nie wolno włączać do pracującego miksera lub wzmacniacza. Tego typu postępowanie grozi trwałym uszkodzeniem mikrofonu na skutek stanów nieustalonych jakie pojawiają się w czasie wkładanie wtyczki do gniazda. Mikrofony posiadające wewnętrzny wyłącznik można przyłączać do pracujących mikserów lub wzmacniaczy, ale tylko wtedy gdy są wyłączone. Oczywiście należy też pamiętać o zamknięciu toru w który włącza się mikrofon w przeciwnym przypadku głośne uderzenie w kolumnach może kogoś śmiertelnie wystraszyć lub nawet doprowadzić do uszkodzenia głośników niskotonowych.

Doskonale zdaję sobie sprawę, że powyższy opis wyczerpuje w minimalnym zakresie problemy związane z wykorzystaniem mikrofonu. Omówiono w nim zjawiska, które najczęściej występują w praktyce. Nie omówiono z kolei nagłaśniania instrumentów muzycznych, które stanowi odrębny rozdział. Mimo to mam nadzieję, że przedstawione informacje będą pomocne przy posługiwaniu się mikrofonami.

Opis układu

Mikrofony ze względu na bardzo mały sygnał użyteczny wymagają stosowania specjalnych przedwzmacniaczy wstępnych o bardzo dobrych parametrach szumowych. Drugą ważną sprawą jest zabez-



Rys. 5 Zależność szumów wnoszonych przez tranzystor w funkcji prądu kolektora dla różnych wartości rezystancji źródła sygnału

Rys. 6 Schemat ideowy niskoszumowego wzmacniacza mikrofonowego

pieczenie przed przenikaniem zakłóceń zwłaszcza przez długie przewody mikrofonowe. Z tego też względu w przedwzmacniaczach stosuje się powszechnie wejścia symetryczne. O zaletach tego rozwiązania już pisaliśmy, a wszystkich zainteresowanych odsyłam do wcześniejszych artykułów. Małe szumy własne wymagają stosowania podzespołów o najlepszych parametrach.

W opisywanym wcześniej stole mikserskim zastosowano klasyczny układ wzmacniacza pomiarowego o symetrycznym względem masy wejściu. W układzie tym parametry były zdeterminowane właściwościami szumowymi zastosowanych tan wzmacniaczy operacyjnych. Stosując na wejściu dodatkowe tranzystory niskoszumowe można uzyskać jeszcze lepszy efekt. Jednakże poziom szumów jakie udało się osiągnąć jest już na tyle mały, że nie wystarczą zwykłe tranzystory niskoszumowe, mogą one tylko pogorszyć sytuację. Wymagane jest stosowanie specjalnych par tranzystorów superniskoszumowych. Jedną z takich par jest produkowany przez National Semiconductor układ LM 394, który zawiera w sobie dwa tranzystory. Charakterystyki szumowe przedstawiono na rys. 4.

Z charakterystyk widać, że minimalna skuteczna wartość zastępczego napięcia szumów e_n jest najmniejsza dla stosunkowo dużego prądu kolektora rzędu 1 mA (rys. 4a). Natomiast minimalna skuteczna wartość zastępczego prądu szumów i_n występuje dla najmniejszych wartości prądu kolektora (rys. 4b). Szumy wnoszone przez wzmacniacz zbudowany na tranzystorze zależą zarówno od zastępczego napięcia szumów jak i od zastępczego prądu szumów. Fakt, że jedna wartość maleje ze wzrostem prądu kolektora a druga rośnie prowadzi do prostego sposobu optymalizacji doboru prądu kolektora dla danej rezystancji źródła sygnału. Jako, że szumy wywołane napięciem e_n i prądem i_n są nieskorelowane można dodawać ich wartości średniokwadratowe. Tak więc szumy wnoszone przez tranzystor mają wartość:

$$e_s = e_n^2 + i_n^2 \cdot R_s^2$$

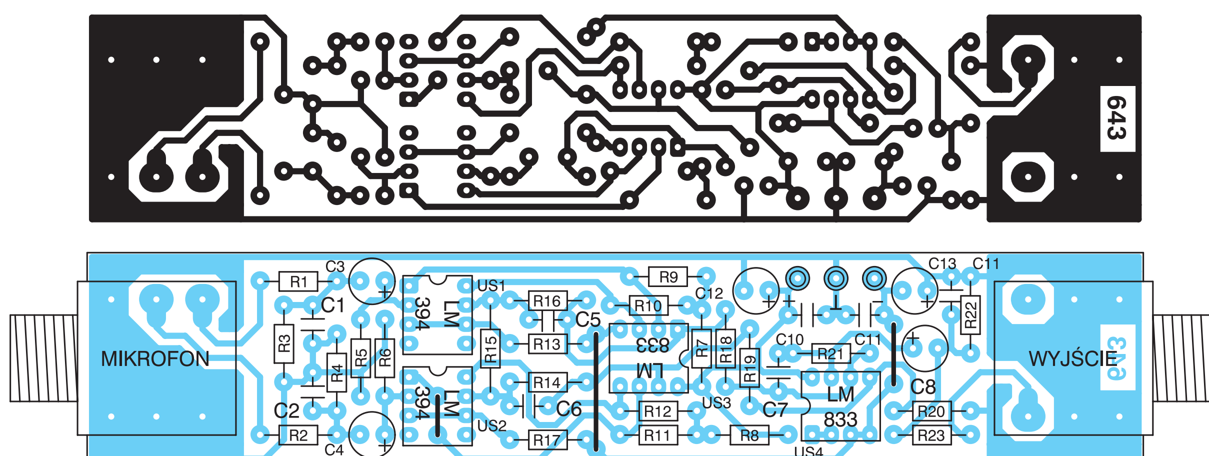
gdzie R_s reprezentuje rezystancję źródła sygnału wynoszącą w przypadku mikrofonu 200÷600 Ω. Krzywe z rys. 5 przedstawiają wartość szumów wnoszonych przez tranzystor w funkcji prądu kolektora dla różnych rezystancji źródła sygnału. Okazuje się, że optimum wypada dla prądu kolektora w okolicy 1 mA.

Ci z Czytelników, którzy pamiętają wzmacniacze gramofonowe mogą dziwić się, że prąd kolektora jest tak duży. Wszak w większości gramofonowych przedwzmacniaczy tranzystorowych przyjmowano prąd kolektora tranzystora wejściowego rzędu 100 µA. Jest to prawda lecz rezystancja źródła sygnału była w tamtym przypadku dużo większa, rzędu 4,7 kΩ. Dla takiej wartości rezystancji źródła sygnału optimum szumowe wypada dla prądów kolektora ok. 100 µA. Przesuwanie się minimum szumowego dla różnych wartości rezystancji źródła wynika z faktu, że do wejściowego napięcia szumów tranzystora dodaje się napięcie prądu szumów jakie powstaje na rezystancji źródła sygnału na skutek przepływu przez nie wejściowego prądu szumów tranzystora i_n.

Mając już optymalną, pod względem szumowym wartość prądu kolektora reszta zadania jest łatwa. Na rysunku 6 przedstawiono schemat wzmacniacza mikrofonowego w którym na wejściu zastosowaną parę niskoszumowych tranzystorów LM 394

Wzmacniacz ten wykorzystuje poznany już wcześniej układ wzmacniacza pomiarowego składającego się z trzech wzmacniaczy operacyjnych. Wzmacniacze wejściowe uzupełniono jednak o parę tranzystorów wejściowych objętych wspólną pętlą sprzężenia zwrotnego. W ten sposób wzmacniacze operacyjne US3A i US3B „wzbogaciły" się o jeszcze jeden stopień wzmocnienia, który wnosi minimalne szumy własne. Pewne zdziwienie może budzić fakt, że pętla sprzężenia zwrotnego doprowadzona jest do tranzystora, którego kolektor połączony został z wejściem nieodwracającym wzmacniacza operacyjnego. Wszystko jednak jest w porządku. Należy pamiętać, że na tranzystorze następuje odwracanie fazy.

Prąd kolektorów tranzystorów wejściowych ustalony jest na poziomie 1 mA przez rezystory emiterowe R13 i R14 par różnicowych US1 i US2. Całkowite wzmocnienie określone jest przez stosunek wartości rezystorów R16 i R17 do R15. Całkowite wzmocnienie układu wy-



Rys. 7 Płytka drukowana i rozmieszczenie elementów

nosi ok. 30 dB i jest wystarczające dla większości mikrofonów. Wielkość wzmocnienia można zmieniać przy pomocy rezystora R15. Dla większych wartości tego rezystora wzmocnienie ulega zmniejszeniu. Odniesiony do wejścia wzmacniacza zastępczy poziom szumów wynosi w tym układzie –129 dB, co daje poprawę 7 dB w stosunku do wzmacniacza bez tranzystorów wejściowych. Zniekształcenia nieliniowe wnoszone przez wzmacniacz nie przekraczają wartości 0,01%.

Kondensatory C1, C2 i C9 zapobiegają przedostawaniu się do wzmacniacza sygnałów o częstotliwościach radiowych. Natomiast kondensatory C5, C6, C7 zapewniają stabilność wzmacniacza.

Ze względu na małą wartość szumów wnoszoną przez wzmacniacz konieczne jest w nim stosowanie rezystorów metalizowanych. Typowe rezystory węglowe spowodują pogorszenie właściwości szumowych. Różnica w cenie rezystorów jest niewielka dlatego też warto podjąć wysiłek ich zdobycia. Większość rezystorów metalizowanych jest produkowana z tolerancją wykonania 1%. Wartości rezystancji nie muszą być dokładnie takie jak podano na schemacie dopuszczalne są odchyłki nawet 10%. W takim przypadku łatwiej jest dobrać (znaleźć) rezystory metalizowane.

Dla uzyskania dużego tłumienia sygnału współbieżnego konieczne jest zachowanie jak najdalej idącej symetrii układu. Dlatego też względna wartość rezystancji R18 i R19, R16 i R17, oraz R21 i R20 powinna wynosić 0,1%. Rezystory o takiej wartości tolerancji rezystancji są jednak bardzo trudno dostępne. Wyjście z tej kłopotliwej sytuacji jest jednak bardzo proste. Wystarczy kupić większą ilość rezystorów R16÷R21 o tolerancji 1% i przy pomocy miernika uniwersalnego pogrupować je w pary. Dokładność bezwzględnego pomiaru rezystancji przy pomocy miernika nie jest duża. Natomiast pomiar względny umożliwia uzyskanie dokładności na poziomie 0,2%. Tak więc mierząc rezystory można je dobrać w pary o prawie dokładnie takiej samej wartości. Od dokładności tego pomiaru zależeć będzie wartość uzyskanego współczynnika CMRR, od którego zależy zdolność wzmacniacza do tłumienia sygnałów zakłócających.

W razie trudności ze zdobyciem układów LM 394 można wykonać wzmacniacz w wersji trochę gorszej bez pary różnicowej na wejściu. W tym przypadku zastępczy poziom szumów odniesionych do wejścia będzie wynosił –122 dB. Nie montuje się wtedy rezystorów R7÷R14 i układów US1 i US2. Oprócz tego należy jeszcze połączyć ze sobą wejścia wzmacniaczy. W tym celu w miejscu układów US1 i US2 montuje się dwie krzyżujące się ze sobą zworki. Miejscu montowania obu układów należy połączyć ze sobą nóżki 2 i 8 oraz 1 i 7. Zworki nie mogą się stykać a odległość pomiędzy nimi powinna wynosić ok 2 mm. Minimalizuje to ryzyko wzbudzania się układu.

Prawidłowo zmontowany wzmacniacz nie wymaga żadnego uruchamiania. Cały układ pobiera prąd nie przekraczający 15 mA. Oczywiście wzmacniacz powinien być zasilany napięciem stabilizowanym.

◊ *Dariusz Cichoński*

Wykaz elementów:

Półprzewodniki	
US1, US2	– LM 394
US3, US4	– LM 833
Rezystory	
R15	– 68 Ω/0,125 W
R1, R2, R23	– 100 Ω/0,125 W
R9÷R12	– 680 Ω/0,125 W
R5, R6	– 1 kΩ/0,125 W
R3, R4	– 3 kΩ/0,125 W
R16, R17	– 4,7 kΩ/0,125 W
R7, R8	– 5,1 kΩ/0,125 W
R13, R14	– 7,5 kΩ/0,125 W
R18÷R21	– 20 kΩ/0,125 W
R22	– 100 kΩ/0,125 W
Kondensatory	
C7	– 33 pF/50 V ceramiczny
C9	– 47 pF/50 V ceramiczny
C5, C6	– 51 pF/50 V ceramiczny
C1, C2	– 470 pF/50 V ceramiczny
C10, C11	– 47 nF/50 V ceramiczny
C3, C4	– 10 µF/25 V
C12, C13	– 22 µF/25 V
Inne	
gniazda	– dwa gniazda JACK 6,3 mm stereo
płytka drukowana numer 643	

Płytki drukowane wysyłane są za zaliczeniem pocztowym. Płytki można zamawiać w redakcji PE.

Cena: płytka numer 643 – 4,90 zł + koszty wysyłki (11 zł).

Pomysły układowe – zwiększenie wydajności prądowej wzmacniacza operacyjnego

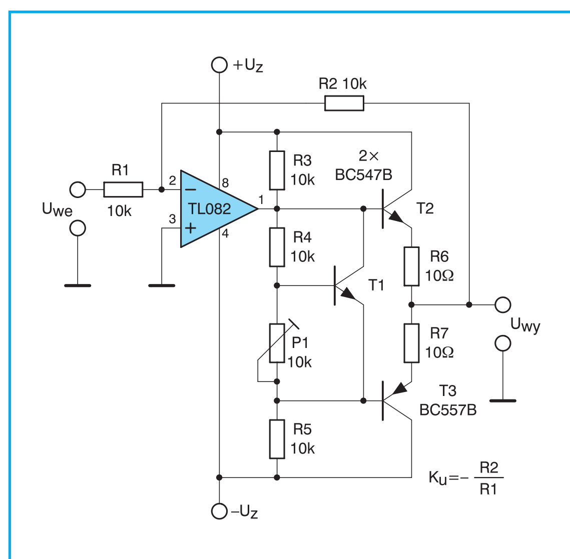
Większość wzmacniaczy operacyjnych charakteryzuje się niewielkim prądem wyjściowym. Z reguły nie przekracza on 30 mA. Ograniczanie prądu wyjściowego do tej wartości podyktowane jest chęcią ograniczenia strat mocy we wzmacniaczach operacyjnych co ma na celu obniżenie temperatury struktury półprzewodnikowej. Owocuje to lepszymi parametrami cieplnymi wzmacniacza. Poza tym olbrzymia większość układów w których pracują wzmacniacze operacyjne nie wymaga potrzeby większych prądów wyjściowych. Z drugiej strony można jednak spotkać układy o większym zapotrzebowaniu na prąd wyjściowy.

Problem ten generalnie jest rozwiązany, gdyż produkowane są wzmacniacze operacyjne o zwiększonym prądzie wyjściowym. Przykładem takiego wzmacniacza jest układ MC 33076 firmy Motorola. Układ dostępny jest w obudowie DIL 8 w której zawarte są dwa identyczne niskoszumowe wzmacniacze operacyjne. Każdy ze wzmacniaczy może dostarczyć do obciążenia prąd o wartości dochodzącej do ±250 mA. Duże wartości prądu wyjściowego powodują jednak duże straty mocy w samym układzie, zwłaszcza przy zasilaniu go napięciem ±15 V. Produkowana jest także wersja wzmacniacza w obudowie DIL 16, której środkowe nóżki przeznaczone są do odprowadzania ciepła traconego w układzie. Rolę radiatora spełnia w tym przypadku płytka drukowana z naniesionymi obszarami miedzi.

Zaletą układu MC 33076 są bardzo małe szumy własne (e_n=5 nV/Hz$^{1/2}$), duża szerokość pasma jednostkowego – – 7,4 MHz i dość duża wartość czasu narostu napięcia wyjściowego – 2,6 V/μs. Oprócz powyższych zalet układ wnosi jeszcze niewielkie zniekształcenia harmoniczne rzędu 0,02% przy częstotliwości 20 kHz. Wszystkie te dane predysponują go do zastosowań akustycznych, z myślą o których został on zaprojektowany.

Jak to w praktyce bywa układy specjalizowane i rzadko stosowane są drogie i trudnodostępne. Podany przykład nie odbiega od tych reguł. Czasami więc nie pozostaje nic innego jak samemu zbudować odpowiedni wzmacniacz operacyjny, który może dostarczyć wymagany prąd wyjściowy. Okazuje się, że zadanie to jest bardzo proste, tanie i wymaga niewielkiej liczby elementów. Schemat takiego układu przedstawiono na rysunku 1.

Przedstawione na rysunku rozwiązanie może być zastosowane dla dowolnego typu wzmacniacza operacyjnego posiadającego wyjście przeciwsobne. Układ wzmacniacza prądowego jest typowym układem przeciwsobnym z tranzystorami komplementarnymi T2 i T3. Ze względu na konieczność uzyskania jak najmniejszych zniekształceń nieliniowych stopień prądowy pracuje z prądem spoczynkowym. Jest to zatem praca w klasie AB. Układ polaryzacji stopnia przeciwsobnego składa się z rezystora R4, potencjometru P1 i tranzystora T1. Razem elementy te tworzą źródło napięciowe identyczne jak stosowane we wzmacniaczach mocy. Polaryzację źródła prądowego tworzą rezystory R3 i R5.



Rys. 1 Schemat układu zwiększającego prąd wyjściowy wzmacniacza operacyjnego

Wartość prądu spoczynkowego stopnia końcowego nie musi być duża. Wystarczy zaledwie 1 mA prądu spoczynkowego aby dodatkowy układ wzmacniacza prądowego praktycznie nie wnosił żadnych zniekształceń nieliniowych. Wartość prądu spoczynkowego można regulować potencjometrem P1, choć nie jest to konieczne. Zastępując potencjometr P1 rezystorem o wartości 10 kΩ i dla podanych typów tranzystorów oraz wartości elementów takich jak na schemacie ideowym wartość prądu spoczynkowego wynosi ok. 2 mA.

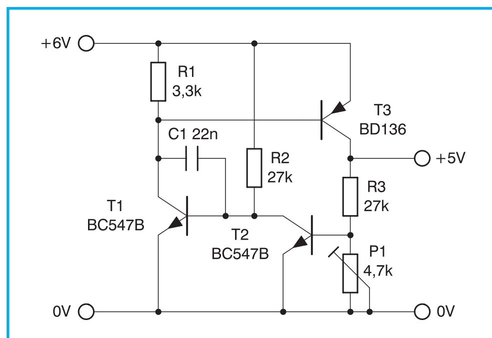
Tranzystor T1 spełnia jednocześnie funkcję stabilizacji prądu spoczynkowego w funkcji temperatury. Jego rola jednak nie ma większego znaczenia a to za sprawą dość dużych wartości rezystorów emiterowych R6 i R7 umieszczonych w stopniu wyjściowym. Zadaniem tych rezystorów jest linearyzacja tranzystorów T2 i T3 dzięki czemu osiąga się minimalne zniekształcenia nieliniowe. Drugą rolą rezystorów jest zabezpieczenie tranzystorów T2 i T3 przed uszkodzeniem w przypadku zwarcia wyjścia do masy. Stopień końcowy jest w stanie dostarczyć do obciążenia maksymalny prąd o wartości ok. ±120 mA.

Pewną niewielką wadą układu jest ograniczenie zakresu napięcia wyjściowego. Zakres ten będzie mniejszy o ok.±2 V w stosunku do samego wzmacniacza operacyjnego. Także niewielkiemu pogorszeniu ulega współczynnik czasu narostu sygnału wyjściowego SR.

Całość wzmacniacza objęta jest pętlą sprzężenia zwrotnego obejmującego stopień wyjściowy. Na rysunku 1 przedstawiono układ wzmacniacza odwracającego fazę sygnału, stąd we wzorze na wzmocnienie widnieje znak minusa. O wzmocnieniu decyduje stosunek wartości rezystorów R2 do R1. Z powodzeniem można jednak to rozwiązanie stosować dla wzmacniaczy pracujących w układzie nieodwracającym. Także w tym przypadku stopień wyjściowy musi być objęty pętlą sprzężenia zwrotnego.

◇ ***Redakcja***

Pomysły układowe – stabilizator o małym spadku napięcia



Rys. 1 Schemat ideowy tranzystorowego stabilizatora z małym spadkiem napięcia

W dobie tanich monolitycznych stabilizatorów napięcia budowanie stabilizatora tranzystorowego wydaje się nieporozumieniem. Okazuje się jednak, że czasami konieczne jest stabilizowanie napięcia przy jak najmniejszej różnicy napięć pomiędzy wejściem i wyjściem układu. Większość typowych stabilizatorów wymaga większej od 2 V różnicy napięć pomiędzy wejściem a wyjściem.

Oczywiście produkowane są stabilizatory o małej wartości różnicy napięć, lecz jak zawsze układy rzadziej stosowane są zawsze droższe i trudniej dostępne. Podobnie sprawa wygląda ze stabilizatorami. Cały trick w stabilizatorach o małym spadku napięcia polega na zastosowaniu w nich szeregowego tranzystora typu pnp. W klasycznych stabilizatorach emiter szeregowego tranzystora npn, połączony jest z wyjściem stabilizatora. Taki układ wymaga większego od wyjściowego napięcia polaryzującego bazę tranzystora szeregowego (U_{wy}+0,6÷0,75 V). Stąd też konieczny pewien zapas napięcia niezbędny do wysterowania tranzystora. Razem wszystkie spadki napięcia dają właśnie wartość ok. 2 V.

Problem ten odpada przy zastosowaniu szeregowego tranzystora pnp. Napięcie bazy jest w tym przypadku mniejsze od napięcia wyjściowego. Dlatego też w układach tych minimalny spadek napięcia porównywalny jest z napięciem nasycenia tranzystora i wynosi ok. 0,2÷0,4 V.

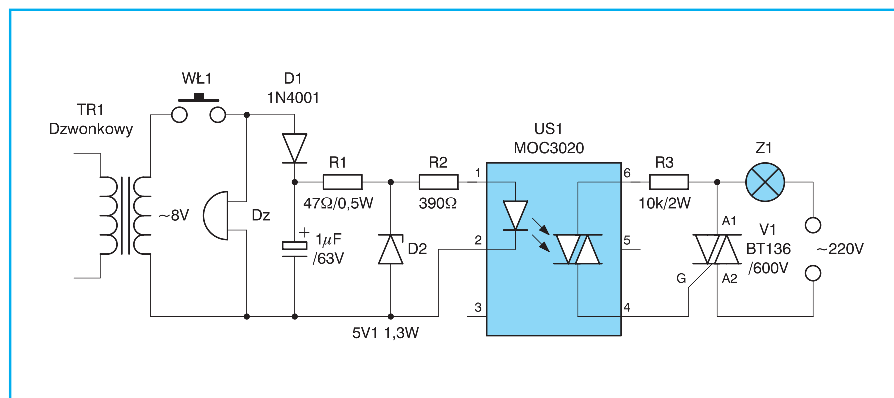
Podobne założenia przyjęto w prostym tranzystorowym stabilizatorze pokazanym na rysunku 1. Tranzystor szeregowy T3 typu pnp pozwala na osiągnięcie minimalnego spadku napięcia rzędu 300 mV przy prądzie wyjściowym 500 mA. Układ posiada wzmacniacz błędu zbudowany na tranzystorach T1 i T2. Jako napięcie referencyjne służy spadek napięcia na złączu baza-emiter tranzystora T2. Jego stabilność nie jest zbyt duża i wynosi –2,3 mV/°C. Nie jest to jednak tak istotne. Wzrost napięcia na wyjściu pociąga za sobą większe wysterowanie tranzystora T2 i zmniejszenie wysterowania tranzystora T1. Powoduje to wzrost napięcia na jego kolektorze i zmniejszenie wysterowania tranzystora szeregowego T3. Efektem tej całej skomplikowanej procedury jest obniżenie się napięcia wyjściowego.

Kondensator C1 zapewnia stabilność układu. Dokładną wartość napięcia wyjściowego można regulować w dość szerokim zakresie potencjometrem P1. Układ doskonale nadaje się do zasilacza bateryjnego. Pobór prądu przez ten prosty stabilizator nie przekracza wartości 1 mA przy braku obciążenia. Przy wzroście prądu wyjściowego wzrasta także prąd pobierany prze stabilizator głównie za sprawą prądu bazy tranzystora T3.

Podczas eksploatacji stabilizatora należy uważać na zwarcia, gdyż układ nie posiada żadnego zabezpieczenia. Przy zwarciu wyjścia do masy natychmiastowemu uszkodzeniu ulega tranzystor T3. Przy poborze większych prądów konieczne jest stosowanie niewielkiego radiatora.

◊ ***Redakcja***

Pomysły układowe – – optyczna sygnalizacja dzwonka domowego



Rys. 1 Schemat ideowy optycznego sygnalizatora dzwonka

Jak się okazuje w naszym kraju przybywa ludzi z większymi lub mniejszymi wadami słuchu. Ta ciężka w sumie przypadłość sprawia wiele problemów w życiu codziennym. Czasami w bardzo prosty sposób można jednak usunąć niektóre niedogodności. Przykładem takiego urządzenia jest optyczny sygnalizator dzwonka do drzwi mieszkania. Układ zaprezentowany na rysunku 1 może pomóc osobom głuchym lub niedosłyszącym. Jego zastosowanie jest jednak szersze, będzie on przydatny także w tych miejscach w których panuje duży hałas i nie zawsze można usłyszeć dzwonek.

Można spotkać generalnie dwa rodzaje instalacji dzwonkowych. W jednych stosowane jest zasilanie 220 V i pojedynczy, indywidualny transformator dzwonkowy. Drugie rozwiązanie, znacznie częściej stosowane w blokach mieszkalnych,

posiada wspólny transformator dzwonkowy. Cała instalacja dzwonkowa zasilana jest wtedy napięciem niskim.

Po zwarciu włącznika WŁ1 włączany jest dzwonek Dz, pracujący przy niskim napięciu. Zmienne napięcie doprowadzane do dzwonka jest prostowane przez diodę D1, ładując kondensator C1. Pojawienie się napięcia na kondensatorze powoduje przepływ prądu przez rezystory R1 i R2 oraz przez diodę świecącą w optotriaku US1. Zadaniem diody Zenera D2 jest ograniczenie wartości prądu płynącego przez diodę LED optotriaka. Świecąca się w optotraiaku dioda wyzwala wewnętrznego triaka, który z kolei powoduje wysterowania triaka mocy V1. W efekcie czego zapala się żarówka sygnalizacyjna Ż1. Układ zapewnia separację galwaniczną elementów pracujących pod niskim napięciem od sieci. Dzięki temu sygnał z dzwonka można prowadzić zwykłymi przewodami w najdalszy kąt mieszkania. Można posłużyć się tu przewodem telefonicznym. Sam zaś układzik jest na tyle mały, że można go umieścić w niewielkim pudełku lub bezpośrednio w oprawie lampki sygnalizacyjnej.

Należy zwrócić uwagę aby triak włączający żarówkę sygnalizacyjną wytrzymywał napięcie sieci energetycznej. W przypadku triaka BT136 wymagany jest indeks literowy 600 V. Taki zapas napięcia jest niezbędny, gdyż w sieci mogą pojawiać się okresowe przepięcia, które doprowadzą do uszkodzenia triaka o mniejszym napięciu znamionowym.

◊ ***Jerzy Kowalski***

Pomysły układowe – – diodowy przełącznik sygnałów zmiennych

Rys. 1 Schemat ideowy diodowego przełącznika sygnałów zmiennych

W dobie kluczy analogowych zapomniano już zupełnie o innych rodzajach przełączników sygnałów zmiennych. Jednym z prostszych rozwiązań jest pokazany na rysunku 1 przełącznik diodowy. W układzie tym wykorzystano charakterystykę nieliniową diody półprzewodnikowej. Idea pracy układu opiera się na przełączaniu diody ze stanu przewodzenia do stanu zatkania.

W stanie kiedy dioda jest spolaryzowana w kierunku przewodzenia i płynie przez nią prąd sygnał zmienny doprowadzony do diody „przesuwa" się po liniowej części charakterystyki, powyżej jej zagięcia (rys. 1 wykres na dole). W tym obszarze rezystancja dynamiczna diody jest stosunkowo mała. Generalnie im bardziej zbliżone do pionu jest nachylenie charakterystyki tym rezystancja dynamiczna diody jest mniejsza.

W przypadku gdy dioda jest spolaryzowana w kierunku zaporowym sygnał napotyka na dużą rezystancję spolaryzowanej diody i nie przechodzi przez nią.

Układ dwóch diod D1 i D2 sterowany jest za pośrednictwem kluczy tranzystorowych. Gdy do wejścia sterującego doprowadzony jest sygnał niski tranzystor T1 jest zatkany, natomiast tranzystor T2 jest nasycony. Zatem na anodzie diody D1 występuje napięcie dodatnie zbliżone do połowy napięcia zasilania. Natomiast anoda diody D2 jest zwarta do masy przez nasycony tranzystor T2. W takiej sytuacji przez diodę D1 płynie prąd i sygnał z wejścia WE1 przedostaje się do wyjścia. Natomiast wejście WE jest odłączone. Przy doprowadzeniu do wejścia sterującego napięcia wysokiego sytuacja odwraca się i sygnał z wejścia WE2 jest doprowadzany do wyjścia.

Układ wnosi niewielkie zniekształcenia nieliniowe przebiegu. Zależą one od wartości prądu płynącego przez diodę przełączającą im jest on większy tym zniekształcenia są mniejsze. Drugim czynnikiem wpływającym na zniekształcenia jest amplituda przełączanego sygnału. Wraz z jej wzrostem zniekształcenia także ulegają zwiększeniu.

Dużą wadą układu jest to iż nadaje się on tylko do przełączania sygnałów zmiennych. W dzisiejszych czasach rozwiązanie to nie ma praktycznego znaczenia. Jednakże kilkanaście lat temu tego typu przełączniki można było spotkać nawet w sprzęcie Hi-Fi renomowanych firm. Tego typu rozwiązanie można także spotkać w przełączanych głowicach radiowych i telewizyjnych. Stosując specjalne diody o bardzo małej pojemności w prosty sposób można kluczować tym sposobem sygnały o wartościach setek megaherców.

◊ ***Redakcja***

Pomysły układowe – – energooszczędny tajmer

Czasami potrzebne jest w domu proste urządzenie do odmierzania czasu. Zastosowań tego typu układów można wymienić mnóstwo. Jeżeli jest nam potrzebny dłuższy czas można skorzystać z układów generatorów CMOS zawierających dzielniki częstotliwości. Bez problemu można osiągnąć czasy rzędu kilkunastu godzin. Oprócz długich czasów jakie może odmierzać ten układ posiada on funkcję automatycznego wyłączenia zasilania.

Generator został zbudowany na bardzo wygodnym do tych celów układzie CD 4060 (US1). Zawiera on w sobie generator RC i dwójkowe dzielniki częstotliwości aż do stopnia podziału przez 2^{14} czyli przez 16.384.

Częstotliwość pracy generatora zależna jest od wartości elementów R2 + P1 i C1. Wzór opisujący przybliżoną częstotliwość generacji jest następujący:

$$f\,[Hz] = \frac{10^6}{2{,}2 \cdot \left(R2\,[k\Omega] + P1\,[k\Omega]\right) \cdot C1\,[nF]}$$

Można też spotkać wzory ze współczynnikiem 2,3 w miejscu podawanego powyżej współczynnika 2,2. Wszystko zależy od producenta układu.

Dla podanych na schemacie wartości elementów zakres generowanych częstotliwości zawiera się w przedziale od 2,3 do 25 kHz. Po podzieleniu tej wartości przez 16.384 otrzymujemy okres przebiegu na wyjściu Q14 wynoszący od 0,66 sek. 7,1 sek. Dla wyjścia Q13 podane czasy są dwukrotnie mniejsze.

Sygnał z wyjścia dzielnika US1 doprowadzony jest do kolejnego dzielnika dwójkowego US2. Także on posiada możliwość podziału częstotliwości sygnału wejściowego maksymalnie przez 16.384. Wyjścia dzielnika US2 połączone są z włącznikami WŁ2÷WŁ7 przy pomocy diod uniwersalnych. Dzięki temu powstał układ iloczynu logicznego.

Załóżmy, że wszystkie włączniki są zwarte. Zatem na wyjściu układu iloczynu, którym jest rezystor R5, będzie występował niski stan napięcia tak długo jak choć jedno z wyjść Q9÷Q14 będzie w stanie niskim.

Z chwilą pojawienia się stanów wysokich na wszystkich wyjściach Q÷Q14 stan wysoki na rezystorze T2 spowoduje zatkanie tranzystora T2 i w konsekwencji zatkanie tranzystora T3. Zasilanie układu zostanie wyłączone i przekaźnik Pk1 także ulegnie wyłączeniu.

Po naciśnięciu włącznika WŁ8 zostanie do układu tajmera doprowadzone napięcie zasilania. Obwód zerujący C2, R4 wyzeruje oba liczniki US1 i US2 a generator rozpocznie pracę. W trakcie odmierzania czasu tranzystor T2 i T3 będą włączone. Włączony będzie także przekaźnik Pk1. Jest to typowe rozwiązanie włącznika z samopodtrzymaniem.

Czas generowany przez tajmer można dobierać włączając odpowiednią kombinację włączników WŁ2÷WŁ7. Każdy z włączników posiada wagę opisaną obok. Dla włącznika WŁ2 waga wynosi 0,25 a dla wyłącznika WŁ7 waga wynosi 8. Jeżeli wybierze się taki okres generowanego przebiegu aby dla wagi 1 otrzymywać czas 1 godziny to ustawienie czasu 5 godz 30 min wymaga zwarcia wyłączników WŁ3, WŁ4 i WŁ6. Rozdzielczość w tym przypadku wynosi 15 min (waga 0,25). Odpowiednio dobierając częstotliwość zegara można osiągnąć dowolny zakres pracy tajmera. Włącznik WŁ1 umożliwia poszerzenie zakresu zmieniając wartości wag dwukrotnie dla pozycji 2T.

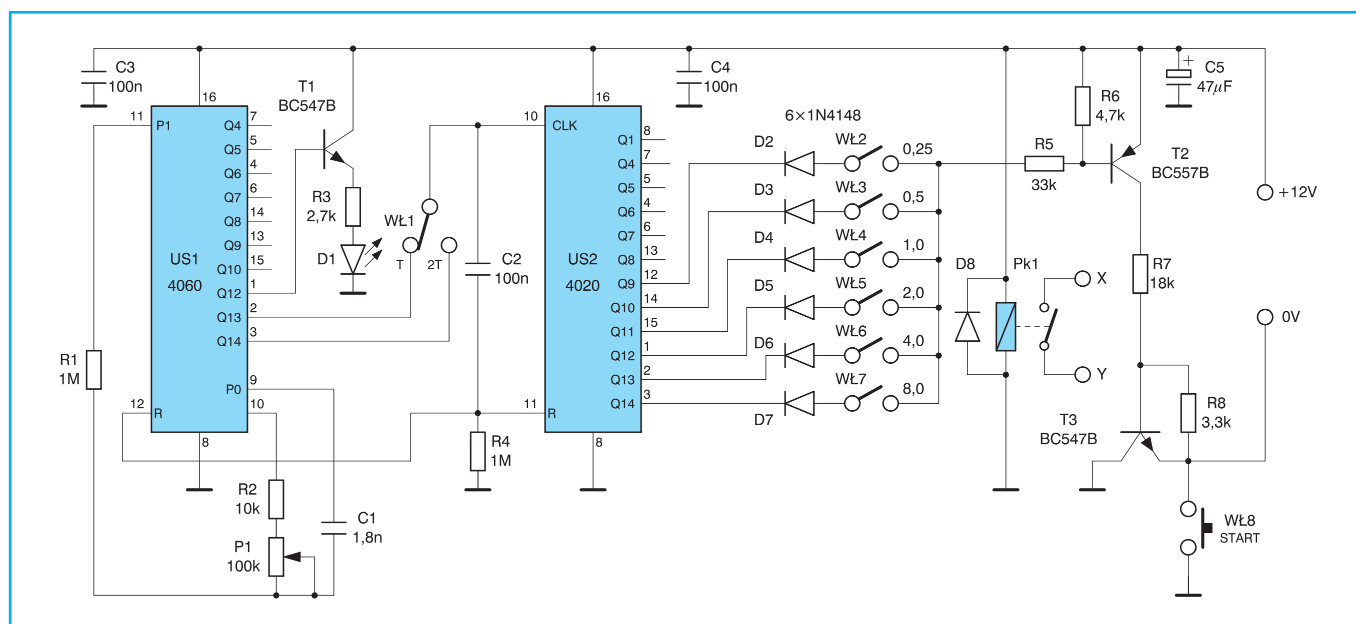
Dla podanego powyżej przykładu częstotliwość pracy generatora mierzona na nóżce 9 US1 powinna wynosić 4660 Hz. Dla innych wartości czasu odmierzanego przez tajmer częstotliwość generatora można obliczyć w oparciu o wzór:

$$f_{gen}\,[Hz] = \frac{16777216}{T\,[s]}$$

gdzie:
T – czas w sekundach dla zwartego wyłącznika WŁ1 (waga 1).

Dioda D1 sterowana przez tranzystor T1 miga w czasie pracy tajmera sygnalizując odmierzanie czasu.

◊ **Redakcja**



Rys. 1 Schemat ideowy energooszczędnego timera

Wykaz płytek drukowanych, układów programowanych i innych elementów

Poniżej prezentujemy aktualny cennik płytek drukowanych, układów zaprogramowanych, programów, folii i innych podzespołów dostępnych w sprzedaży wysyłkowej w „Praktycznym Elektroniku”. **Koszty wysyłki wynoszą 11 zł.** Ceny płytek podane przy artykułach w archiwalnych numerach oraz na płytach CD–PE1 i CD–PE2 są nieaktualne.

Zamówienia przyjmujemy na kartach pocztowych, kuponach zamieszczanych w PE, telefonicznie lub faksem numer **0(prefiks)68 451–02–70**, e–mailem (**reklama@pe.com.pl**) i na formularzu na naszej stronie **www.pe.com.pl**. W zamówieniu prosimy podawać dokładnie i wyraźnie swój adres a pod adresem tylko numery płytek lub nazwy programów i podzespołów i ich ilości. Nie przyjmujemy zamówień telefonicznie. Zamówienia od firm przyjmowane są tylko w formie pisemnej z upoważnieniem do wystawienia faktury VAT bez podpisu odbiorcy.

Płytki drukowane, zaprogramowane układy oraz inne elementy oznaczone w wykazie gwiazdką będą sprzedawane do wyczerpania zapasów magazynowych.

Aktualny wykaz archiwalnych numerów znajduje się przy karcie zamówień.

◊ *Redakcja*

Cennik płytek drukowanych.

Nr	Nazwa	PE	cena
025*	Fonia czterocewkowa	1/93	0,64 zł
037*	Dekoder PAL TC 500D/E	3/93	1,54 zł
038*	Dekoder PAL R202/A	3/93	1,95 zł
041*	Zegar MC 1206 – wyświetlacz	2/93	2,35 zł
048*	Zegar MC 1206 – sekundy cyfrowe	3/93	2,38 zł
053*	Kwarcowy generator 50 Hz	4/93	1,27 zł
055*	Zasilacz do wzmacniacza antenowego	4/93	1,27 zł
064*	Tranzystorowy korektor graf. we/wy	6/93	1,41 zł
065*	Tranzystorowy korektor graf. Filtry	6/93	6,31 zł
071*	Fonia do odbioru programu POLONIA	5/93	0,78 zł
072*	Pływające światła – generator	6/93	1,27 zł
095	Radiotelefon na pasmo 27 MHz	9/93	2,53 zł
099*	Przetwornik f/U	10/93	4,40 zł
102	Korektor sygnału video	12/93	2,39 zł
105	Wzmacniacz mocy do radiotelefonu 27 MHz	11/93	1,27 zł
108	Wzmacniacz mocy 150 W	12/93	8,23 zł
111*	Automat losujący	1/94	3,42 zł
116*	Blokada tarczy telefonicznej	2/94	1,45 zł
120*	Termometr – zasilanie bateryjne	2/94	0,64 zł
124*	Dekoder Pal do OTVC Rubin 714	3/94	2,72 zł
127*	Bootselektor do Amigi	3/94	0,64 zł
130*	Spowalniacz do Amigi	4/94	0,73 zł
131*	Stół mikserski – wzmacniacz sumy	4/94	2,56 zł
133*	„Przedłużacz” do pilota	4/94	1,26 zł
165*	Obrotomierz cyfrowy – mnożnik	10/94	2,84 zł
170*	Lampa sygnalizacyjna	11/94	2,88 zł
171*	Symetryzator antenowy	11/94	1,74 zł
174*	Generator funkcyjny	12/94	2,61 zł
186*	Generator funkcyjny – płyta główna	1/95	11,40 zł
203*	Zdalne sterowanie oświetleniem	5/95	2,60 zł
208*	Mikrofon bezprzewodowy	6/95	1,69 zł
210	Mikroprocesorowy zegar sterownik	6/95	16,05 zł
212*	Alarm samochodowy – pilot	6/95	1,52 zł
213*	Alarm samochodowy – centralka	6/95	7,39 zł
214*	Alarm samochodowy – radiopowiadom.	7/95	3,91 zł
216*	Mikrofon bezprzewodowy – odbiornik	7/95	4,47 zł
223*	Przetwornik „True RMS”	9/95	1,01 zł
229*	Przystawka do efektu „TREMOLO”	10/95	0,96 zł
232*	Uniwersalna ładowarka akumul. Ni–Cd	10/95	3,19 zł
233*	Mikropr. miernik częst. – pł. główn.	10/95	3,39 zł
234*	Mikropr. miernik częst. – mikropr.	10/95	5,92 zł
235*	Mikropr. miernik częst. – wzm. wej.	11/95	5,92 zł
236*	Mikropr. miernik częst. – pł. przednia	11/95	7,37 zł
237*	Preskaler 1,3 GHz	12/95	1,27 zł
241*	Gwiazda betlejemska – diody	11/95	11,07 zł
242*	Gwiazda betlejemska – automatyka	11/95	2,81 zł
244*	Automatyczny wyłącznik do domofonu	12/95	0,91 zł
254	Super Bass	2/96	1,75 zł
255*	Elektroniczna ruletka	2/96	4,25 zł
258*	Regulator żarówek halogenowych	3/96	3,22 zł
263*	Generator szumu układy dodatkowe	4/96	1,34 zł
264*	Przetwornica +5 V na –5 V	4/96	1,84 zł
271*	Automat perkusyjny – generator	5/96	4,77 zł
273*	Automat perkusyjny – instrumenty	6/96	5,74 zł
274*	Automatyczny włącznik zapisu	6/96	0,69 zł
280*	Centralka domofonu – płyta przednia	8/96	1,32 zł
286*	Automat. wyłącznik ster. światłami	9/96	4,75 zł
290*	Intervox	10/96	1,60 zł
292	Przetwornica DC/DC 12V/±30V	10/96	7,22 zł
294*	Kontroler stanu akum. samochodowego	10/96	1,27 zł
296	Samochodowy wzmacniacz Hi-Fi –100W	11/96	6,24 zł
299	Jednozakr. wolt–amper. 3/5 cyfry	12/96	3,76 zł
300	Zasilacz laboratoryjny 2001	12/96	8,58 zł
301	Zasilacz lab. z przetwornikiem. C/A	1/97	5,82 zł
302	Zasilacz laboratoryjny – mikroproc.	1/97	16,45 zł
305*	Zabawka – tester refleksu	12/96	9,55 zł
309	Wzm. mocy MOSFET – TDA 7296	3/97	3,42 zł
312	Dekoder SURROUND	2/97	7,32 zł
314*	Imobilajzer z oszukiwaczem do sam.	2/97	5,83 zł
317*	Aparat (pod)słuchowy	3/97	2,41 zł
321	Generator PAL ster. mikroprocesorem	4/97	5,04 zł
322*	Elektr. przerywacz kierunkowskazów	4/97	1,52 zł
327*	Pozycjoner – pilot	5/97	2,84 zł
335*	Konwerter ultradźwiękowy	6/97	4,08 zł
336	Uniwersalny zasilacz LM 317, LM 350	7/97	2,82 zł
339*	Programator do tunera telewizyjnego	7/97	11,28 zł
341*	Tester pojemności akumulat. Ni–Cd	8/97	6,24 zł
343*	Wykrywacz kłamstw	8/97	1,63 zł
348*	Sterownik regulator temperatury	9/97	2,72 zł
352*	Przystawka logarytmująca	10/97	3,11 zł
355	Śnieżne gwiazdki na choinkę	11/97	2,81 zł
361*	Akustyczny próbnik przejścia	11/97	1,52 zł
365	Video korektor – rozkodowyw. kaset	12/97	9,96 zł
367*	Fazowy sterownik mocy	12/97	4,53 zł
372	Częstościo. z aut. zmianą zakresu	1/98	5,75 zł
373*	Generator funk. 10 MHz pł. czołowa	3/98	17,44 zł
374*	Generator funk. 10 MHz sterownik	3/98	7,36 zł
375*	Generator funk. 10 MHz pł. główna	3/98	10,35 zł
376*	Generator funk. 10 MHz pł. zasilacza	3/98	2,79 zł
378*	Impulsowy stabilizator napięcia	1/98	2,05 zł
379*	Elektroniczny symulator rezystancji	2/98	5,26 zł
380*	Dekoder informacji dodatkowych RDS	2/98	1,85 zł
385*	Regulator do projektora slajdów	3/98	6,11 zł
391*	Elektroniczny potencjometr wieloobrot.	4/98	6,07 zł
392*	Dźwiękowy sygnalizator samochodu	4/98	1,52 zł
394	Samokalibrujący miernik LC	4/98	11,74 zł
395	Uniwersalna karta we–wy do IBM PC	5/98	14,49 zł
396*	Wzmacniacz – przystawka do telefonu	5/98	3,05 zł
399	Miniaturowa kamera telewizyjna	5/98	5,63 zł
402*	Miernik częstotl. – przystawka do PC	6/98	2,22 zł
404*	Stół mikserski – wzmacniacz	7/98	6,25 zł
405*	Stół mikserski – wzmacniacz sumy	6/98	6,57 zł
408*	Stół mikserski – wskaźnik wysterowania	7/98	6,57 zł
409*	Stół mikserski – korektor graficzny	7/98	10,54 zł
410*	Zabezp. mieszkania z radiopowiad.	7/98	6,75 zł
413*	Wzmacniacz mocy w.cz.	8/98	4,99 zł
416	Uniwersalny sterownik silników krokowych	8/98	4,58 zł

419*	Gwiazda betlejemska–ozdoba	11/98	5,30 zł
420	Modulator–nadajnik TV małej mocy	9/98	4,29 zł
422*	Woltomierz ze skalą logarytmiczną	9/98	18,04 zł
423*	Moduł przetwornika wartości skutecznej	10/98	2,30 zł
425	Prostownik z układem UC 3906	9/98	3,97 zł
426	Mikroprocesorowy regulator mocy	10/98	6,16 zł
429*	Kontroler napięcia akumul. w latarce	10/98	1,90 zł
430*	Rotujący zegar	10/98	5,32 zł
432*	Tester żarówek do samochodu	11/98	3,10 zł
433*	Bezprzewodowy dzwonek + bariera opto	11/98	5,98 zł
436*	Sygnalizator cofania do samochodu	12/98	2,28 zł
437*	Mini automat perkusyjny	12/98	3,51 zł
440*	Antyusypiacz dla kierowców	1/99	2,53 zł
441	Generator obrazu TV – PAL	2/99	9,30 zł
444*	Walentynkowe serduszko	1/99	3,15 zł
445*	Programator mikrokontrolerów AVR	2/99	16,19 zł
446*	Detektor gołoledzi	1/99	3,61 zł
447*	Disko – błysk	2/99	9,49 zł
449*	Migająca strzałka z wykrzyknikiem	4/99	6,26 zł
450	Oscyloskop cyfrowy – wzm. we.	2/99	7,40 zł
451	Oscyloskop cyfrowy – rejestrator	6/99	16,58 zł
452	Oscyloskop cyfrowy – procesory	5/99	19,36 zł
453	Oscyloskop cyfrowy – zasilacz	7/99	4,24 zł
454	Oscyloskop cyfrowy – klawiatura	7/99	8,28 zł
455*	Refleksomierz – miernik czasu reakcji	3/99	6,14 zł
456*	Scalony generator funkcyjny	2/99	4,62 zł
458	Synteza do tunera UKF	4/99	11,64 zł
459	Stacja lutownicza – regulator temper.	3/99	11,36 zł
460	Programator procesorów ATMEL	4/99	14,67 zł
462*	Ściemniacz oświetlenia wnętrza auta	5/99	2,53 zł
463*	Symulator obecności domowników	6/99	7,40 zł
465	Samochodowy wzm. mocy 4 x 70W	4/99	10,44 zł
466	Przedwzmacniacz samochodowy	5/99	13,54 zł
467	Korektor do przedwzmacniacza samochodowego	6/99	9,49 zł
470	Generator UKF	7/99	5,57 zł
471	Generator UKF – synteza częstotliwości	9/99	13,16 zł
472	Ultradźwiękowy odstraszacz psów	6/99	1,90 zł
473*	Dekoder dźwięku Canal+	1/00	3,73 zł
475	Laboratoryjny zasilacz 0–30V/5A	9/99	13,29 zł
478	Programator PIC16F83/84, 16C84	8/99	3,29 zł
479*	Tłumik regulowany w.cz.	8/99	11,26 zł
480	Mikroprocesorowy wykrywacz metali	7/99	3,54 zł
481*	Kostka do gry	8/99	2,53 zł
484	Szybka ładowarka do akumul. NiCd	9/99	3,80 zł
488*	Wzm. samochodowy z zasil. –/+12V	10/99	8,23 zł
496	Wentylator do PC	12/99	3,17 zł
498*	Analogowo–cyfrowy miernik indukcyjności	11/99	4,11 zł
499	Zasilacz laboratoryjny 0–30V/5A	11/99	9,11 zł
500	Radiopowiadomienie 433 MHz	11/99	8,48 zł
504	Regulator obrotów	1/00	4,55 zł
506	Generator napisów do magnetowidu	12/99	5,45 zł
507	Układ Surround do zestawu stereo	1/00	9,68 zł
509	Od'PIC'owany budzik	2/00	11,32 zł
512*	Elektroniczny terminarz	2/01	6,90 zł
514*	Syrena policyjna	2/00	2,53 zł
516*	Walkmen dla zakochanych	2/00	2,78 zł
517*	Zdalne sterowanie oświetleniem cz.1	3/00	10,76 zł
519*	Mikser audio do udźwiękowiania filmów	3/00	25,05 zł
522*	Zdalne sterowanie oświetleniem cz. 2	4/00	4,60 zł
523*	Zdalne sterowanie oświetleniem cz. 3	4/00	3,80 zł
524*	Elektroniczna szczurołapka	4/00	3,04 zł
525*	Sygnalizator cofania do samochodu	4/00	9,87 zł
526*	Kondensatorowa przetwornica +/–12V	4/00	3,54 zł
528	Subwoofer aktywny – kino domowe	5/00	3,08 zł
529	Wzmacniacz mocy 2x120W	5/00	10,84 zł
530	Impulsowy wykrywacz metali	8/00	10,78 zł
531*	Zamek szyfrowy	5/00	4,13 zł
532*	Stabilizator wstępny ograniczający moc strat w tranzystorach szeregowych zasilaczy laboratoryjnych	6/00	4,84 zł
533	Cyfrowy termometr 2 i 1/2 cyfry	6/00	7,10 zł
534*	Przedwzmacniacz gramofonowy	6/00	7,48 zł
536*	Aktywny korektor basów	8/00	7,48 zł
537*	Cyfrowy barometr	7/00	7,10 zł
538*	Konwerter telewizyjny	7/00	2,97 zł
539*	Podłączenie dodatkowego wzm. Mocy do radioodtwarzacza samochodowego	7/00	5,28 zł
541*	Elektroniczna kostka do gry	7/00	4,29 zł
542*	Automatyczny regulator poziomu dźwięku	11/00	4,84 zł
543	Konwerter UKF FM	8/00	3,36 zł
544*	Pomiar pojem. kondensatorów elektrolit.	8/00	4,95 zł
545	Wzmacniacz mocy do subwoofera	8/00	5,28 zł
548*	Stroboskop samochodowy	9/00	3,14 zł
549*	Wskaźnik ładowania i rozładowania akumulatora	9/00	3,19 zł
550*	Monitor linii telefonicznej	9/00	3,19 zł
551*	Wzmacniacz wejściowy do częstościomierza	9/00	3,41 zł
552*	Impulsator wycieraczki szyb samochodowych	10/00	2,75 zł
553*	Prostownik z automatycznym wyłączaniem	10/00	3,14 zł
554*	Przetwornik true RMS – Przystawka do multimetru	10/00	4,95 zł
555*	Dwukanałowa analogowo–cyfrowa przystawka do oscyloskopu	10/00	5,72 zł
556*	Urządzenie iluminofoniczne	10/00	3,58 zł
557*	System monitorująco–rejestrujący z kamerami przemysłowymi	10/00	7,32 zł
558*	Przedwzmacniacz Hi–Fi ukł. wej.	11/00	10,78 zł
559*	Przedwzmacniacz Hi–Fi ukł. reg	11/00	5,50 zł
560	Wielofunkcyjny domowy system alarmowy – – pilot	11/00	2,75 zł
561	Wielofunkcyjny domowy system alarmowy – – alarm	11/00	14,08 zł
562*	Termoregulator z pomiarem temperatury do mieszkania i samochodu	11/00	11,88 zł
563	Przesuwnik fazy do subwoofera	12/00	2,75 zł
564*	Układziki modelarskie	12/00	3,08 zł
565*	Mikroprocesorowy programator pracy wycieraczek	12/00	4,29 zł
566*	Mininadajnik UKF–FM	12/00	2,75 zł
567	Superbass do samochodu	12/00	8,64 zł
569*	Wzmacniacz mocy klasy D	1/01	11,50 zł
570*	Świecący numerek policyjny	1/01	8,50 zł
571*	Przyrząd elektroakustyka	2/01	9,50 zł
573*	Włącznik dźwiękowy	1/01	6,20 zł
574*	Ściemniacz sterowany pilotem	2/01	3,40 zł
575*	Ściemniacz sterowany pilotem – pilot	2/01	2,50 zł
576*	Kaskadowy wzmacniacz słuchawkowy	2/01	3,00 zł
577*	Automatyczna blokada drzwi w samochodach z centralnym zamkiem	3/01	3,00 zł
578*	Elektroniczny zapłon do samochodu	2/01	4,90 zł
579*	Śpiewać każdy może... Karaoke	3/01	4,00 zł
583*	Korektor graficzny z diodami w suwakach	4/01	6,20 zł
585*	Oscyloskop prawie cyfrowy	4/01	11,20 zł
586*	Automatyczna konewka do domu i ogrodu	4/01	5,90 zł
587*	Trójpunktowy regulator barwy dźwięku	4/01	3,70 zł
589	Programator pamięci EPROM, EEPROM i FLASH ROM – adapter	5/01	3,00 zł
590	Programator pamięci EPROM, EEPROM i FLASH ROM – programator	5/01	21,50 zł
591*	Termohigrometr elektroniczny	5/01	10,60 zł
592	Wzmacniacz mocy 2x120 W lub 1x250 W	6/01	17,50 zł
593	Strachokomar®	5/01	4,00 zł
594	Przestrajany filtr aktywny do subwoofera	6/01	5,30 zł
595	Przedwzmacniacz do Combo	6/01	15,00 zł
596	Przedwzmacniacz do Combo	6/01	15,00 zł
597	Combo gitarowe – korektor graficzny	7/01	16,00 zł
598*	Kontaktron bezprzewodowy	8/01	10,80 zł
600*	Lato z radiem... odbiornik radiowy AM	6/01	5,10 zł
601*	Alkomat	6/01	4,80 zł
602*	Sygnalizator brań gruntowych	6/01	3,00 zł
603*	Tuner FM Hi–Fi	7/01	15,50 zł
604*	Automatyzacja centralnego ogrzewania	7/01	9,90 zł
605	Uniwersalny panel startowy	7/01	9,20 zł
606	Adapter MCS51 do programatora pamięci EPROM	8/01	6,70 zł
607	Elektroniczny miernik tętna	8/01	6,80 zł

608	Profesjonalny mikser stereofoniczny – – monofoniczny wzmacniacz kanałowy	9–10/01	14,50 zł
609	Profesjonalny mikser stereofoniczny – – stereofoniczny wzmacniacz kanałowy	9–10/01	18,50 zł
610	Stół mikserski DJ–a	8/01	46,50 zł
611	Generator – miernik rezonansu	9–10/01	3,40 zł
612	Półautomatyczny prostownik do ładowania akumulatorów samochodowych	9–10/01	3,40 zł
613	Mała świecąca choinka	9–10/01	8,50 zł
614	Modyfikacja szybkiej ładowarki do akumulatorów Ni–CD Mi–Nh	9–10/01	6,70 zł
615	Automatyczny włącznik oświetlenia z detektorem ruchu	9–10/01	5,70 zł
616	Profesjonalny mikser stereofoniczny – – układy dodatkowe	9–10/01	9,50 zł
617	Profesjonalny mikser stereofoniczny – – tor efektu	11-12/01	13,10 zł
618	Profesjonalny mikser stereofoniczny – – tor sumy	11-12/01	10,90 zł
619	Profesjonalny mikser stereofoniczny – – tor odsłuchu kontrolnego	1/02	14,50 zł
620	Profesjonalny mikser stereofoniczny – – zasilacz	1/02	15,90 zł
621	Profesjonalny mikser stereofoniczny – – płytka potencjometrów	1/02	26,90 zł
622	Profesjonalny mikser stereofoniczny – – przedwzmacniacz gramofonowy	2/02	3,80 zł
623	Profesjonalny mikser stereofoniczny – – wskaźnik wysterowania	2/02	14,90 zł
624	Miernik indukcyjności i pojemności	11-12/01	5,70 zł
625	Przetwornica DC 12 V na AC 220 V	11-12/01	8,70 zł
626	Automatyczny wyłącznik aktywnego subwoofera	11-12/01	4,90 zł
627	Tani zasilacz laboratoryjny ± 30V/1,5 A	1/02	9,50 zł
628	Układ odwracania fazy do wzmacniacza mostkowego	11-12/01	2,50 zł
629	Układ regulacji szerokości bazy stereofonicznej	11-12/01	2,80 zł
630	Kino domowe – kanał centralny i surround z logiką	1/02	9,30 zł
631	Miernik małych rezystancji – – przystawka do multimetru	1/02	3,50 zł
632	Interkom - zabawka	1/02	4,00 zł
633	Miernik temperatury - przystawka do multimetru	2/02	3,00 zł
634	Prosty próbnik sygnałowy do urządzeń elektroakustycznych	2/02	4,00 zł
635	Wykrywacz metali i przewodów elektrycznych	2/02	7,80 zł
636	Kolory na ekranie telewizora	2/02	5,30 zł
637	Tester rezystancji ESR kondensatorów elektrolitycznych	3/02	5,40 zł
638	Stereofoniczny modulator UKF FM	3/02	12,50 zł
639	Profesjonalny mikser stereofoniczny – – układ komutacji	3/02	11,50 zł
640	Samochodowy dwupunktowy termometr	3/02	7,40 zł
641	Akustyczny sygnalizator otwartych drzwi lodówki	3/02	3,80 zł
642	Układ poszerzania pola odsłuchowego	3/02	3,00 zł

ZAPROGRAMOWANE UKŁADY:

Nazwa	Opis programu	PE	Cena
BUDZIK	od'PIC'owany zegar–budzik	2/00	45,00 zł
CZĘSTO	miernik częstotliwości	1/98	35,00 zł
KOSTKA*	kostka do gry	8/99	12,00 zł
LC	miernik LC	4/98	35,00 zł
MIERNIK	miernik częstotliwości do wyświetlacza LCD 2x24	10/95	18,00 zł
MIERNIK II	miernik częstotliwości do wyświetlacza LCD 2x16	10/95	18,00 zł
OBRAZ	generator obrazu testowego PAL	2/99	30,00 zł
OSCYLO	zestaw zaprogramowanych układów do oscyloskopu cyfrowego	5/99	150,00 zł
PAL	generator testowy PAL	4/97	35,00 zł
POZYCJONER	pozycjoner satelitarny	5/97	30,00 zł
RDS*	dekoder RDS	3/98	35,00 zł
REGULATOR	regulator mocy	10/98	28,00 zł
RISC	programator mikrokontrolerów AVR	2/99	40,00 zł
SCM	Ściemniacz sterowany pilotem	2/01	35,00 zł
SILNIK	sterownik silnika krokowego	8/98	15,00 zł
SYNTEZA	synteza do tunera UKF	4/99	40,00 zł
UKF	generator serwisowy UKF	7/99	35,00 zł
VIDEO	rozkodowywacz kaset video	12/97	38,00 zł
WEN	regulator obrotów	1/00	28,00 zł
WOLTOMIERZ	laboratoryjny woltomierz	8/98	35,00 zł
WYKR	wykrywacz metali	7/99	35,00 zł
WZM	układ do zestawu wzmacniacza samochodowego	5/99	40,00 zł
ZASILACZ	mikroprocesorowy zasilacz 2000	11/96	25,00 zł
ZEGAR	mikroprocesorowy zegar	6/95	15,00 zł

DYSKIETKI I PŁYTY Z OPROGRAMOWANIEM:

nazwa	opis	PE	cena
CD–PE1	CD–ROM z archiwum PE 1992÷97 + programy użytkowe dla elektroników		30,00 zł
CD–PE2	CD–ROM z archiwum PE 1992÷99 + testy audio + książka elektroniczna		30,00 zł
CD–K	Komplet CD–PE1 + CD–PE2		50,00 zł
CD–PE3	CD–ROM z archiwum czeskich pism elektronicznych z lat 1996÷1999		30,00 zł
CD–RISC	CD–ROM z programami i dok. RISC	2/99	35,00 zł
DYSK–RISC	dyskietka z programami RISC	2/99	25,00 zł
OSD	dyskietka do generatora napisów	12/99	30,00 zł
PIC	dyskietka do programatora PIC	8/99	10,00 zł
PROGAT	dyskietka do programatora ATMELI	4/99	25,00 zł

OBUDOWY

symbol	opis	PE	cena
OB459	obudowa do stacji lutowniczej	3/99	30,00 zł
OB–TS	sonda napięciowa, stroboskop samochodowy	9/99; 9/00	7,15 zł

FOLIE

(samoprzylepne folie z wydrukowanymi napisami)

symbol	opis	PE	cena
F490*	folia do analogowo–cyfrowego miernika „f"	10/99	3,50 zł
F498*	folia do analogowo–cyfrowego miernika „L"	11/99	3,50 zł
F501*	folia do wzorcowego generatora kwarcowego	12/99	3,50 zł

INNE

symbol	opis	PE	cena
MAX713	układ do ładowarki akumulatorów NiCl	9/99, 9–10/01	40,00 zł
RDZEŃ	rdzeń z karkasem do ładowarki akumulator.	9/99, 9–10/01	6,50 zł
RDZEŃ	rdzeń z karkasem do wzmacniacza samochodowego z zasilaczem –12V	10/99	6,50 zł
NAD433	nadajnik radiowy 433 MHz	11/99	15,00 zł
ODR433	odbiornik superreakcyjny 433 MHz	11/99	16,00 zł
STV 5730A	układ do generatora napisów	12/99	45,00 zł
Q17,7	rezonator kwarcowy do generatora napisów	12/99	5,00 zł
WT262 100 kΩ	potencjometr wieloobrotowy	7/00	4,00 zł

PANELE

symbol	opis	PE	cena
P475	Panel do laboratoryjnego zasilacza czterozaciskowego	9/99	35,00 zł
P605	Uniwersalny panel startowy	7/01	25,00 zł



HomeLab

Philips oficjalnie otworzył HomeLab, czyli dom-laboratorium stworzony do analizowania zachowań ludzi korzystających z prototypów „inteligentnych urządzeń" w rzeczywistym środowisku domowym.

W HomeLab Philipsa znajduje się szereg prototypowych urządzeń należących do rodziny Inteligentnego Otoczenia – reagujących na potrzeby ludzi, wyrażanych głosem, gestem lub miną użytkownika. Opracowywane są również technologie służące do przewidywania potrzeb konsumentów.

EASY ACCES – łatwy dostęp - ta technologia służy do przewidywania potrzeb mieszkańców, na przykład rozpoznawania nuconych melodii. Służy również do analizowania otoczenia – mierzenia poziomu światła, liczenia liczby osób w pomieszczeniach i dostosowywania warunków do aktualnych potrzeb.

POGO to interaktywna gra dla dzieci pomagająca im rozwijać wyobraźnię łącząc fantazję z rzeczywistością przez tworzenie środowiska, w którym mogą się bawić i wymyślać historie.

NEBULA - to projektor wyświetlający na suficie sypialni obrazy pasujące do nastroju mieszkańców oraz do pory dnia, wzbogacający wrażenia np. podczas zasypiania - w nocy rozgwieżdżone niebo a rano chmury na błękitnym niebie.

INTELIGENT PERSONAL CARE ENVIROMENT – wyświetlacz-telewizor w łazienkowym lustrze, umożliwiający wyświetlanie dzieciom kreskówek podczas gdy myją zęby, a dorosłym – najświeższe informacje.

WWICE – Window on the World of Communication and Entertainment (Okno na Świat Komunikacji i Rozrywki) - technologia, która łączy wszystkie domowe urządzenia w jeden system zarządzający i dający dostęp do różnych typów danych – od poczty głosowej, video do muzyki w każdym z pomieszczeń.

PHENOM - umożliwia dostęp do zdjęć w każdym miejscu domu. Łączność bezprzewodowa i rozpoznawanie głosu umożliwiają mieszkańcom oglądanie pamiątek zarówno w kuchni, sypialni jak i na kanapie.

AMBIENT INTELLIGENCE inteligentne otoczenie - opisuje technologie rozumiejące i przewidujące potrzeby konsumentów oraz reagujące na nie w odpowiedni sposób. Wszystkie testowane w HomeLab urządzenia mieszczą się w terminie Ambient Intelligence ponieważ umieszczają człowieka w centrum swojej funkcjonalności. Prototypy potrafią „myśleć" czyniąc tym prostszym życie konsumenta. Technologie Ambient Intelligence będą obecne w domach, samochodach czy nawet w „inteligentnych ubraniach".

Sony poinformowało o nowej koncepcji sprzętu samochodowego, który może być łatwo dopasowywany do upodobań użytkownika.

Na pierwszy rzut oka najważniejszym wyróżnikiem nowego, sztandarowego tunera CD MEX-5DI jest bardzo duży wyświetlacz TFT. Jednak w momencie wykorzystania wewnętrznej pamięci 2 MB oraz gniazda na karty Memory Stick™ okazuje się, że urządzenie potrafi żyć własnym życiem.

Wbudowany w urządzenie wyświetlacz TFT wyróżnia się bogactwem reprodukowanych barw (32 000 odcieni), łatwo więc dostosować jego wygląd do własnego nastroju i gustu. Cyfrowe obrazy można wyświetlać w trzech trybach: standardowym, panoramicznym i w formie animacji. W trybie standardowym, na pulpicie sterowania można wyświetlić jedną z licznych pierwotnie zaprogramowanych tapet albo do 100 własnych zdjęć, takich jak zdjęcie bliskiej osoby. Tryb panoramiczny pozwala na wykorzystanie całego ekranu do wyświetlenia interesującego obrazu, na przykład zachodu słońca nad afrykańskim buszem. W tym trybie po wyświetlaczu może się również przesuwać poziomy obraz, taki jak pejzaż. Tryb animacji sprawia, że radioodtwarzacz staje się najciekawszym elementem deski rozdzielczej. Na wyświetlaczu widać jedną z trzech dynamicznych sekwencji filmowych. Ponadto użytkownik ma do wyboru różne układy analizatora widma, na przykład „ruchome klocki", czy „strzelające gwiazdy".

Wykorzystując zestaw urządzeń audiowizualnych i informatycznych, jaki zapewniają kamery, cyfrowe aparaty fotograficzne i komputery, użytkownicy mogą przygotowywać dowolne obrazy, zapisywać je na karcie Memory Stick, a potem wyświetlać na ekranie TFT tunera. Zamiast pierwotnie zaprogramowanych zdjęć można oglądać fotografie rodzinne, ulubione sceny z wakacji – wszystko, na co ma się ochotę. Urządzenie jest wyposażone w 2 MB pamięci, która może pomieścić około 100 obrazów JPEG (1600x1200). Obsługiwane są także inne formaty obrazu takie jak: GIF, BMP, PNG oraz animacje GIF.

Tuner odtwarza dźwięk z różnych źródeł, między innymi z elektronicznych plików muzycznych MagicGate Memory Stick, ściągniętych z Internetu i zapisanych na karcie Memory Stick. Karta MagicGate Memory Stick o pojemności 128 MB umożliwia odtwarzanie znakomitego jakościowo dźwięku nawet przez 160 minut. Urządzenie odczyta również plik MP3, który został pobrany podobną metodą i zapisany na płycie CD-R/RW. Kolejne możliwości daje wejście Aux., do którego można podłączyć odtwarzacz Network Walkman i słuchać w samochodzie samodzielnie zmontowanego zestawu ulubionych nagrań.



CD MEX-5DI



Nowa płyta - CD-PE3

„Praktická elektronika A Radio" - 48 numerów
„Konstrukční elektronika A Radio" - 24 numery
„Amatérské Radio" - 12 numerów
„Stavebnice a Konstrukce A Radio" - 6 numerów
Razem 90 numerów pism naszych przyjaciół z Czech
Ponad 4100 stron archiwalnych numerów

Zamówienia
telefoniczne: 0(prefiks) 68 451-02-70
Faksem: 0(prefiks) 68 451-02-70
e-mailem: reklama@pe.com.pl
pocztą: Praktyczny Elektronik, ul. Jaskółcza 2/5, 65-001 Zielona Góra
Cena tylko 30 zł + koszty wysyłki



Zapominałeś? Sięgnij po CD-PE2

Archiwum PE 1992-1999
75 Sygnałów testowych audio
Listingi programów mikroprocesorowych
Archiwum płytek drukowanych

Zamówienia
telefoniczne: 0(prefiks) 68 451-02-70
Faksem: 0(prefiks) 68 451-02-70
e-mailem: reklama@pe.com.pl
pocztą: Praktyczny Elektronik,
ul. Jaskółcza 2/5, 65-001 Zielona Góra
Cena tylko 30 zł + koszty wysyłki



Płyta CD-PE1

Pierwsza płyta Praktycznego Elektronika

Archiwum PE z lat 1992÷1997 oraz kilkadziesiąt programów, między innymi:
- Protel 99 Second Edition
- Eagle ver. 3.55 Win 95 DOS
- PSpice ver 8.0
- Lab Windows/CVI
- EDWin 1.60
- Oscyloskop pod Windows

Zamówienia
telefoniczne: 0(prefiks) 68 451-02-70, faksem: 0(prefiks) 68 451-02-70
e-mailem: reklama@pe.com.pl
pocztą: Praktyczny Elektronik,
ul. Jaskółcza 2/5, 65-001 Zielona Góra
Cena tylko 30 zł + koszty wysyłki